
الأساسات
للمنشآت الهندسية والآلات



استهلال

استهل الكتاب بحمد الله جل وعلا وبدعائه ان يمد فى عمر

حضرة صاحب الجلالة

مولانا الملك فؤاد الاول

وان يؤيد جلالته بروح من عنده ويحفظ ولى عهده

الامير فاروق

انه سميع مجيب الدعوات آمين


الأساسات
للمنشئات الهندسية والآلات

الأساسات
للمنشآت الهندسية والآلات

تاليف

محمد أمين صالح

(مدير أعمال بمصلحة المجارى)

(دبلوم مدرسة الهندسة الملكية فى الرى والهندسة المدنية)

الثمن ٣٥ قرشا صاغا

الطبعة الاولى

---

١٦ رجب سنة ١٣٥١
٦ هاتور سنة ١٦٤٩
١٥ نوفمبر سنة ١٩٣٢

مطبعة الاتحاد الاخوى بمصر

اهداء الكتاب

الى مصر

مصر موطن العلوم والفنون . مصر مهد المدنية والحضارة . مصر أم الفراعنة الذين أسسوا وشيدوا وزخرفوا وجددوا . مصر ذات الآثار الخالدة كعبة العلماء وقبلة الفنانين . مصر معلمة الأمم . مصر بلد العجائب

واجب

قد تفضل حضرة المحترم صديقى وزميلى محمد افندى سعيد جمجوم المفتش الميكانيكى بمصلحة المجارى بوضع الباب الرابع عشر الخاص بأساسات الآلات فله منى جزيل الشكر

ولا يفوتنى أن أذكر فضل حضرات الزملاء الاماثل محمود افندى وصفى مدير الأعمال بمصلحة المجارى ومحمد افندى فاضل ومصطفى افندى على حمزه مساعدى مديرى الأعمال بمصلحة الرى وحسن افندى رشدى مساعد مدير الأعمال بمصلحة المجارى لتفضلهم بامدادى ببعض صور الكتاب الفوتوغرافية



مقدمة

الحمد لله الذى هدانا وما كنا لنهتدى لولا أن هدانا الله — أما بعد فلما رأيت الحاجة ماسة والضرورة ملحة فى مصرنا العزيزة الى كتاب يهدى الطالب ويرشد المهندس ويكون مرجعاً للمدرس فى علم الأساسات فقد أقدمت مستمداً العون من الله على وضع هذا المؤلف المتواضع الذى هو أول مؤلف من نوعه باللغة العربية وقد اودعته كل علمى وخبرتى ومشاهداتى لمدة خمسة عشر عاما كان من فضل الله على انى قمت فيها بأعمال كبيرة وأشرفت على منشئات هامة وشاهدت اعظم المؤسسات التى عملت فى مصر كقناطر نجع حمادى وتعلية خزان أسوان وسحارة السوهاجية ونفق الأحايوه وهويس العياط وكوبرى اسماعيل والتجارب التى عملت على المحكمة المختلطة بالقاهرة لغرض تنكيس وتقوية أساساتها كما انى تتبعت عن كثب كل العمارات الكبرى التى انشئت فى العاصمة مدى السنتين الماضيتين

وقد أضفت الى ذلك زبدة ما اطلعت عليه من آراء العلماء وخبرة الخبراء ونظريات الثقات وكنت أثناء وضعى للكتاب على اتصال وثيق بكثير من المجلات العلمية التى تكتب عن علم الأساسات وبالرسائل الفنيـة لأكبر البيوتات الهندسية وقد وضحت كل حالة بالرسوم والامثلة التطبيقية التى تنيرها وتقربها الى فهم الطالب والمهندس الحديث كما أنى بدأت كل موضوع من نظرياته الابتدائية الى غاية ما وصل اليه الفن ليكون الطالب والمهندس على علم تام بأحدث النظريات وآخر ما وصلت اليه جهود الخبراء العمليين

ولما كان فن الاساسات مرتبطا ارتباطا وثيقا بأنواع التربة وظواهرها الجيولوجية فقد خصصت بابا لشرح هذه الظواهر وتأثيراتها على الاساسات

كما انى قد خصصت بابا لطرق فحص التربة وآخر لطرق اختبار قوة تحملها

ولما كان أغلب الأساسات يحتاج الى اجراء حفر فقد أفردت بابا خاصا بالحفر فى أنواع التربة المختلفة شارحا الوسائل والآلات التى تستعمل فى كل حالة ومبينا الصعوبات التى قد يلاقيها المهندس أثناء الحفر وكيفية تخلصه منها

وقد خصصت بابا لشرح المياه الجوفية وطرق التخلص من آثارها

ولما كانت نظرية الخوازيق من النظريات الغامضة وكانت الاساسات المقامة على خوازيق ذات أهمية عظمى فقد شرحتها شرحا وافيا مبينا أنواعها بالتفصيل وما يصلح لمختلف أنواع التربة

ولما كان تنكيس الأساسات وتقويتها لا يقل أهمية عن أنشاء أساسات حديثة فقد خصصت بابا لذلك شرحته شرحا وافيا

وانى أتقدم بهذا المؤلف الى كل مشتغل بالفن راجياً أن اكون قد وفقت فيما قصدته من سد جزء من العجز الموجود فى المؤلفات الفنية بلساننا وما نشدته من مصلحة عامة وما توفيقى الا بالله عليه توكلت واليه أنيب ؟

محمد جمال الدين صالح

فهرست

الباب الاول

ارتباط الاعمال الهندسية بطبقات التربة

صحيفة

الباب الثاني

طرق جس وفحص التربة

الباب الثالث

صحيفة

الباب الرابع

الباب الخامس

الباب السابع

صحيفة

الباب الثامن

الأساسات
أنواعها وتصميمها

الباب التاسع

صحيفة

الباب الحادى عشر

صحيفة

الباب الثاني عشر

الباب الثالث عشر

الطبع والتجليد

قام بطبع هذا الكتاب وتجليده حضرتى المحترمين

عبد العزيز افندى اسماعيل وزكريا افندى احمد رسلان

صاحبي

﴿ مطبعة الاتحـــاد الاخوى ﴾

بشارع الشنوانى بسيدنا الحسين بمصر

وأنى لأذكر مع الشكر حسن معاملتهما لعملائهما والمجهود الذى يبذلانه للحصول على تمام رضائهم وقبول كل ملحوظاتهم قبولا حسنا حتى انه بفضل مجهودهما ودقة مراجعتهما خرج الكتاب وليس فيه غلطة واحدة مطبعية وبفضل عنايتهما قد تم تجليد الكتاب على أحسن ما يكون

الحفـــر

قام بحفر الكليشيهات حضرة المحترم

حنفى افندى توفيق اسماعيل

الحائز على المدالية الذهبية مع دبلوم الشرف

من المعرض الزراعى والصناعى المصرى سنة ١٩٣١

بورشته بشارع عبد العزيز بمصر

أخرجها على خير ما يرام بفضل دقته وحسن عنايته وهو بذلك قد برهن على أن بين المصريين من نبغ فى هذا الفن على حداثته فى مصر

الباب الأول

ارتباط الاعمال الهندسية بطبقات التربة

سلامة المنشآت الهندسية تتوقف على متانة أساساتها ولذا وجب أن يكون الاساس قويا بحيث أنه لايتداعى تحت تأثير الضغوط التى تولد من المنشآت التى يحملها

والاساسات على نوعين اما طبيعية كأن يقام البناء على طبقة صخرية صماء من طبقات التربة كما هو الحال فى خزان اسوان الذى اقيم على طبقة من الجرانيت السليم واما صناعية كماهو الحال فى المنشآت التى تقام على اساسات تصنع من مواد البناء المختلفة مثل اساس قناطر الدلتا والنوع الاخير من الاساسات هو الاكثر شيوعا

دراسة طبقات التربة جيولوجيا

ومتانة الاساس تتوقف فى الحالين على طبيعة طبقات التربة التى تحته

وفى النوع الاخير تتوقف أيضا على حسن الصناعة فاذا استوفت الصناعة قسطها من الجودة فيكون العامل الوحيد المؤثر فى سلامة الاساس والمنشآت هو طبيعة التربة

ولذا يتحتم على المهندس قبل التفكير فى تصميم الاساسات أن يتخير خطوط الاعمال Alignment ومواقعها بحيث تكون طبيعة التربة فيها تفى بالمقاومة التى تتطلبها الضغوط التى تقع عليها الا اذا كانت الظروف تحتم عليه انتهاج خطوط معينة والبناء فى مواقع محددة

فلنفرض انه أريد تعمير منطقة أو تحسين حالة العمران فيها بمد سكك حديدية أو انشاء خزانات أو عمل انفاق أو جسور أو انشاء مدن أو مد خطوط مياه أو مجارى وأن المهندس ليس مقيداً بمواقع محددة أو خطوط

معينة فلكى يتخير المهندس خطوط اعماله الصالحة ومواقعها المناسبة يجب عليه أن يرجع الى البيانات الجيولوجية السابق الحصول عليها عن هذه المنطقة ان وجد

المباحث الاولية

فان لم يوجد بيانات سابقة فعليه أن يقوم بعمل مساحة جيولوجية أولية Preliminary يرصد بها كل الظواهر الجيولوجية

ولما كان الغرض من المساحة الجيولوجية الاولية هو الحكم على صلاحية المنطقة للعمل من عدمه

فعلى المهندس ان لم تكفه المساحة السطحية Topography للوصول الى غرضه أن يقوم بعمل ثقوب جس وحفر اختبار لكشف طبقات التربة من حيث تكوينها الجيولوجى Geological Structure وتركيبها Composition ويجب الاقتصاد فى المباحث الاولية فيقصر عدد الحفر والثقوب الى الحد الادنى الذى يفى باغراض المهندس للحكم على مقدار صلاحية المنطقة

ولكن يجب على المهندس أيضا أن يتذكر دائما أن التفريط فى عمل المباحث الاولية لدرجة التهاون والتقصير أكثر خطورة واكبر ضررا من الافراط لان عدم استيفاء المباحث بالقدر اللازم قد يؤدى الى خدع المهندس وتضليله فيكون فكرة خاطئة تكون نتيجتها الفشل

بعد عمل المباحث الاولية يقوم المهندس بما تجمع لديه من بيانات بعمل مسقط أفقى تبين عليه المستويات الرقمية Contour Lines والظواهر الجيولوجية المختلفة ويقوم بعمل قطاعات رأسية لطبقات التربة ومنها يتخير خطوط الاعمال ومواقعها

المباحث التفصيلية

بعد هذه المباحث الاولية وبعد أن اهتدى المهندس الى خطوط الاعمال ومواقعها فعليه أن يدرس هذه الخطوط والمواقع دراسة جيولوجية تفصيلية

بواسطة حفر اختبار وثقوب للجس حتى يصل الى الصخور الصماء Solid Rocks اذا تيسر ذلك والا فالى أن يصل الى طبقة صلبة Hardpan ويختلف عدد حفر الاختبار وثقوب الجس تبعا لاهمية العمل وتباين تكوين التربة وتركيبها ويلاحظ الاقتصاد فى عددها وقصره على المقدار الضرورى

ثم يقوم المهندس بعمل مسقط أفقى بمقياس واضح يبين عليه المستويات الرقية وعمل قطاعات رأسية

وبذلك يتجمع لدى المهندس من البيانات ما يجعله على علم تام بكل ما يتعلق بخطوط الاعمال ومواقعها جيولوجيا من حيث تكوين طبقاتها Structure وتتابعها Sequence وميولها Dip واتجاهاتها Strike وما بها من فواصل Joints وفوالق Faults والعمق الذى عليه كل طبقة وسمكها ومنسوب الصخور الصماء Solid Rocks اذا وصل اليها ويبين على القطاعات أيضا منسوب الماء الجوفى Underground Water Level

الخطوط المعينة والمواقع المحددة

أما اذا اضطر المهندس بحكم الظروف والملابسات أن يتبع خطوطا معينة أو ينشىء الاعمال فى مواقع محددة كأن يمد نفقا فى خط معين فى مدينة مأهولة او يبنى عمارة على أرض محددة

فعليه أن يقوم بدراسة هذه الخطوط والمواقع دراسة تفصيلية مباشرة

التعرف على طبقات التربة

يجب تعرف طبقات التربة والنوع الذى تنتمى اليه بغاية الدقة وذلك بأخذ عينات من حفر الاختبار وثقوب الجس

والخبير يمكنه أن يحكم على نوع التربة بسهولة والا فعلى المهندس أن يرجع للمتاحف الجيولوجية لمقارنة العينات التى حصل عليها بالعينات المحفوظة بالمتاحف ولتحليلها جيولوجيا وللمهندس أن يستعين بخبير جيولوجى أثناء

عمل مباحثه الجيولوجية كلما دعت الضرورة لذلك

ومتى عرف المهندس نوع طبقات التربة امكنه ان يتخير الطبقة التى يضع عليها أساسه وأن يعرف نوع الاساس ان كان منتشرا Spread Foundation أو عميقاً Deep Foundation وهذه تشمل الخوازيق piles والعلب Caissons وما اليها

اما ابعاد الاساسات فلا يمكن للمهندس تصميمها الا اذا حصل على مقدار قوة تحمل التربة التى سيضع أساسه عليها

وقوة التحمل Bearing capacity لا يمكنه الحصول عليها إلا بعمل تجارب تحميل loadingTests على نفس الطبقة التى سينشىء أساسه عليها

تخطيط الترع والمصارف

أما الترع والمصارف فتتبع فى تخطيطها المرتفعات Ridges والمنخفضات Depressions حتى تؤدى وظيفتها على الوجه الاكمل

المباحث الاولية

والمباحث الاولية التى يحتاج اليها فى تخطيط الترع والمصارف هى خريطة طبوغرافية مبين عليها المستويات الرقمية

المباحث التفصيلية

وبعد اختيار التخطيط يصير عمل ميزانية دقيقة لحساب مكعبات الحفر والردم منها وتحصر المساحة حصراً دقيقاً لحساب قطاعات الترع والمصارف

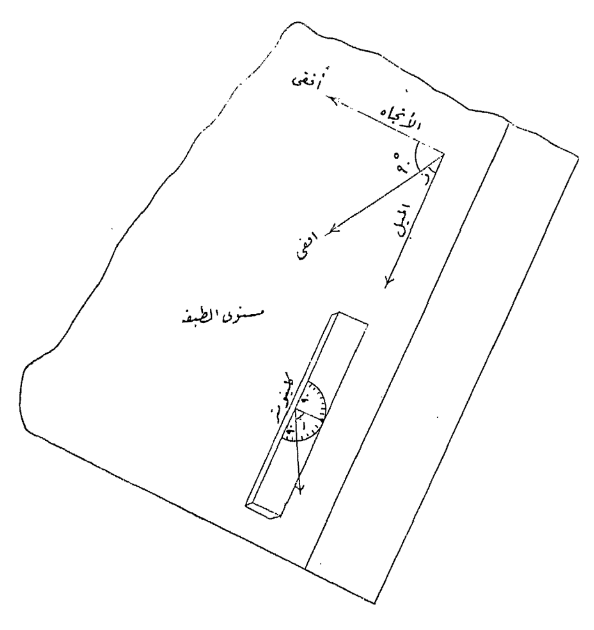
الاصطلاحات الجيولوجية

والآن نرى من الضرورى شرح الاصطلاحات الجيولوجية التى سبق والتى سيرد ذكرها

الميل

عند ما ترفع طبقات رسوبية Sedementary من قاع البحار بعوامل جيولوجية فكثيرا ما يصحب هذا الرفع ميل الطبقات عن

وضعها الافقى كما هو مبين بالشكل نمرة ١



شكل ١

كما انه قد يحدث انثناء وتجعيد Folding

فميل الطبقة اذن هو الزاوية التى بين الافق والمستوى الذى تصبح عليه الطبقة بعد رفعها

اتجاه الطبقة

عبارة عن خط تقاطع الافق بمستوى الطبقة التى هى عليه وهو إذن خط أفق فى مستوى الطبقة المائلة

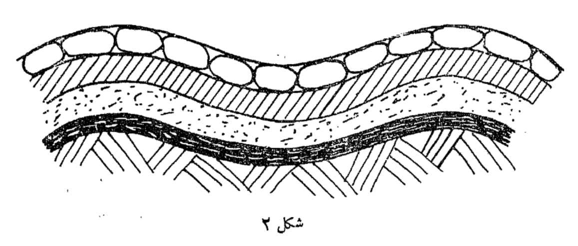
قياس زاوية الميل

تقاس زاوية الميل بآلة هندسية تسمى كلينومتر Clinometre وهى على أنواع كثيرة أبسطها عبارة عن قطعة مستطيلة من الخشب مثبت فى وسطها نصف دائرة من النحاس مقسم الى درجات تكون زاويتين قائمتين من صفر الى ٩٠° فى كل اتجاه من مركزه بحيث يكون الصفر وسط القوس ومعلق بقطعة الخشب من مركز الدائرة بندول صغير يتحرك بسهولة حول النقطة المعلق منها وله دليل فى طرفه لبيان الدرجات على القوس ويكون الدليل على الصفر اذا كان الكلينو متر فى وضع أفقى

فلقراءة ميل الطبقة يوضع الكلينومتر فى مستوى الطبقة والطريقة العملية لذلك هى أن يحدد اتجاه الطبقة بواسطة البوصلة ثم يعمل عمودى على الاتجاه فى مستوى الطبقة فاذا وضع الكلينومتر على الخط العمودى فان الدليل يبقى رأسياً ويبين درجة زاوية الميل على القوس المدرج والشكل ١ يبين ذلك وهناك أنواع من الكلينومتر تجتمع فيها البوصلة والكلينومتر لسهولة استعمالها

بروز الطبقة Outcrop

هو مايظهر فوق سطح الارض من الطبقة



شكل ٢

الانثناء والتجعيد Folding

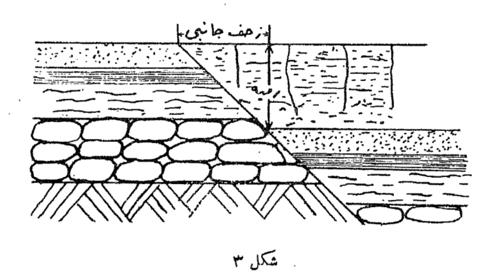
ناشىء عن رفع الطبقات الرسوبية أيضا كالميل والشكل نمرة ٢ يبين ذلك

الفواصــل Joints

هى الشقوق التى تحدث فى الصخور الراسبة نتيجة انكماش الصخر عند جفافه كما يحدث فى تشقق الطين عند جفافه وتشاهد الفواصل أيضا فى الصخور النارية Volcanic Rocks وتحدث فى مواقع الضعف من الصخور

الفوالق Faults

تحدث نتيجة لقوى مؤثرة لاتقوى الصخور على مقاومتها فتتكسر على اسطح مائلة أو رأسية وتنزلق على هذه الاسطح التى تسمى فوالق ويترتب على حدوث الفوالق كما هو مبين بالشكل ٣



شكل ٣

رمية الفالق

عبارة عن مقدار هبوط الجزء المنزلق بالنسبة للآخر ويقاس الهبوط رأسيا وهو اذن الفرق فى المنسوب بين السطح الذى كانت عليه الصخور قبل انزلاقها والسطح الذى انزلقت اليه ويعبر عنه برمية الفالق Throw

الزحف الجانبى للفالق

يتسبب عن الهبوط مايسمى بالزحف الجانبى lateral Shift وهو طول المسافة الافقية التى تتزحزحها الصخور المنزلقة فاذا انزلقت الصخور

على سطح رأسى فان مقدار الزحف الجانبى يكون صفرا

ويصحب حدوث الفوالق دائما تفتت فى الصخور عند اسطح الفوالق وقد تملأ المياه المعدنية شقوق الفوالق فترسب فيها بعض المعادن مثل الكلسيت وكذلك تكون الفوالق مسربا للمياه من الطبقات الحاملة للمياه

تكوين المنطقة الجيولوجى وخواص الصخور

ولما كان الغرض الاساسى من المساحة الجيولوجية يرمى الى دراسة

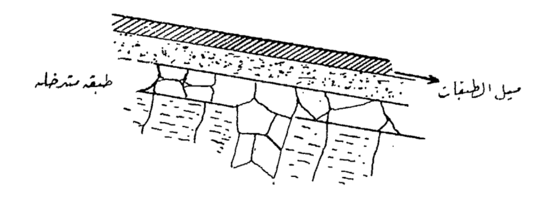
أولا — تكوين المنطقة Structure of Area

ثانيا — خواص الصخور الصماء Solid Rocks وما يعلوها من رواسب أو صخور غير صماء Rocks

فسنشرح فيما يلى كل ذلك باسهاب كاف

تكوين المنطقة

عبارة عن امتداد وسمك ووضع كل من الصخور الصماء والرواسب التى تعلوها عادة



شكل ٤

الصخور الصماء

والتى يعبر عنها عادة بصخور فقط او باحجار تنقسم جيولوجيا الى ثلاثة أنواع

« ١ » صخور نارية — وهى التى تكونت من مواد معدنية مصهورة تصلبت بالبرودة وتوجد عادة باحجام كبيرة أو على شكل سدود Dykes تخترق صخورا أخرى وتسمى فى هذه الحالة متدخلة Intrusive والشكل ٤ يبين طبقة متدخلة

ومن الصخور النارية الجرانيت والفلسيت والريوليت والسيانيت والديوريت

« ٢ » الصخور الراسبة Sedementary Rocks وتعرف أيضا بالصخور الطباقية Stratified Rocks وهى مكونة من تراكم فتات الصخور الاخرى أو مواد خلفتها حيوانات أو نباتات ثم تماسكت بالضغط أو التجفيف أو رسوب مواد أخرى بينها لها خاصية التماسك مع بعضها ومع المواد التى ترسب بينها ومن أميز خواص الصخور الراسبة أنها مكونة من طبقات

ومن الصخور الراسبة - الصخور الرملية والجيرية والطينية والطفلية والجلاميد والحصا

« ٣ » الصخور المتحولة Metamorphic Rocks أصلها أما صخور نارية أو راسبة وتحولت بسبب تأثير الضغط أو الحرارة أو المياه كل على حدة أو تأثيراتها مجتمعة فتغيرت بذلك خواص الصخور الاصلية واكتسبت الصخور خواصا أخرى ومن الصخور المتحولة الرخام والاردواز والجنيس والشيست

الرواسب التى تعلو الصخور الصماء

تكون عادة من الرمال والحصا Gravel والطين والطينة الرملية والجلاميد الطينية Boulders والتى يعبر عنها جميعا « بالكومة الارضية » Drift

وبمقارنة الرواسب بالصخور الصماء نجد ان الرواسب كثيرة التغيير والاختلاف فى مسافات قصيرة وذلك من حيث امتدادها وأوضاعها واسماكها وبما أن أغلب الاعمال الهندسية تكون أساساتها على هذه الرواسب فيجب استكشافها تماما والحصول على بيانات صحيحة عنها من حفر الاختبار وثقوب الجس

دراسة الصخور الصماء

اذا كان الاساس سينشأ على صخور صماء فيلزم دراستها دراسة مستوفاة ولا تكون الدراسة مستوفاة الا اذا روعى فيها الحالة التى توجد عليها الصخور الصماء فى الطبيعة ومظهرها الخاص وتركيبها

الخواص المميزة للصخور الصماء نورد ذكرها وشرحها فيما يلى

التركيب	Composition
المقاومة للتأثيرات الجوية	Weathering
التكوين	Structure
المكسر	Fracture
الملمس	Feel
الثقل النوعي	Specific Gravity
اللون	Colour

أما التركيب **Composition** فيعرف بمعاملة الصخور ببعض أنواع الاحماض وبالتحليل وأما التأثيرات الجوية فان أثرها يكون ظاهراً على سطح الصخر وبالمكسر يمكن للمهندس أن يعرف مقدار اندماج حبيبات الصخر والملمس يجعل المهندس يعرف درجة نعومة حبيبات الصخر

تمييز الرواسب التى تعلو الصخور الصماء

أما الرواسب التى تعلو الصخور الصماء فيمكن للمهندس تمييزها بالنظر فالرواسب الرملية مثلا تمثل فى الطبيعة بالرمال والحصا **Shingles** على أشكال مختلفة عن بعضها من حيث تركيبها المعدنى وغالباً مختلفة فى اللون نظراً لاختلاف أصولها **Origin**

والرواسب الطينية — تكون فى الطبيعة على شكل طبقات رسوبية من الطينة اللزجة وتختلف كثيراً من حيث تركيبها المعدنى وفى الوانها فمنها الابيض والرمادى والاخضر والاسمر والاحمر والازرق

الطينة الرملية Loam مخلوط من الطين والرمل ويختلف فى الالوان والتركيب

الجلاميد الطينية Boulder clay عبارة عن طين مندمج متماسك وعادة غير طباقى وبه بعض صخور بالية تختلف فى حجمها من حصا الى جلاميد كبيرة ولون الطين يختلف حسب أصوله فمن احمر الى رمادى الى اصفر ضارب الى الحمرة وازرق ضارب الى الرمادى

تقسيم التربة فى القطر المصرى

وقد قسم المتحف الجيولوجى المصرى أنواع التربة الشائعة فى وادى النيل حسب الترتيب الآتى وذلك فى صدد الاساسات

١ — حصا ورمال حرشة	Gravel, grit & coarse sand
٢ — رمال متوسطة	Medium sand
٣. — رمال دقيقة أو ناعمة	Fine sand
٤ — مواد نباتية ومواد عضوية	Peat & Other organic matter
٥ — الطين الغير مرن	Plastic Clay
٦ — طينة رملية ثقيلة	Heavy Loam
٧ — طينة رملية خفيفة	Light Loam

١ فيسمى الرمل حرشاً — اذا كان ¾ حجمه مكونا من حبيبات قطر الواحدة اكبر من ٢ مم

٢ ويسمى متوسطا كالموجود بشواطىء البحر وفى كثبان الرمال Sand Dunes وفى جزائر النيل

٣ ويسمى دقيقاً — اذا كان ¾ حجمه على الاقل مكونا من حبيبات قطر الواحدة أقل من ٣و٠ مم وهذا النوع من الرمل يكون لونه أخضر اذا ابتل بالماء

٤ — المواد العضوية : — وجدت على أعماق مختلفة فى منطقة شمال الدلتا وهى سوداء اللون وشبه سائلة ولا تصلح للبناء عليها مطلقا

٥ — الطين الغير مرن : — يختلف فى الوانه فمنه الاسود والاصفر والازرق كالموجود بوادى الطميلات وهو لا يسمح بمرور المياه Impervious الا قليلا واذا عومل بالماء يكون ذوبانه بطيئا جداً

٦ — الطينة الرملية الثقيلة : — هى نوع التربة الشائع فى شمال الدلتا واذا وضعت عينة منه فى الماء فانها تبدأ بالتفتت حالا

٧ — الطينة الرملية الخفيفة : — هى نوع التربة الشائع فى المنوفية وفى مناطق أخرى كثيرة من الوجه القبلى

كيفية اختبار التربة فى المتحف الجيولوجى

بعد أخذ العينات من حفر الاختبار وثقوب الجس يرسل جزء منها للمتحف الجيولوجى وطريقة فحص العينات هى أن يؤخذ جزء من العينة ويوضع فى كوب به ماء وعلى حسب استعداد العينة للتفتت فى المياه تكون صلاحيتها للبناء عليها ثم يؤخذ جزء آخر من العينة ويصير معاملته بأحد الاحماض ويشاهد تأثير الحمض عليه والاحماض المستعملة هى حمض الكبريتيك وما اليه من الاحماض فيتجمع لدى الجيولوجى بذلك من الاسباب مايجعله يميز بين العينات

فمظهر العينة ومعاملتها بالماء وبالحامض تكفى للحكم على العينة ومقدار صلاحيتها للبناء عليها

ووجد أن اكثر أنواع التربة استعداداً للتفتت فى الماء هى التربة التى تحوى ميكا وهذه موجودة بكثرة فى طمى النيل وأهم خواصها قدرتها على التشقق الى صفائح متناهية فى الرقة وهذه الصفائح تنزلق على بعضها وتنزلق عليها مركبات التربة الأخرى ويمكن تمييزها بالنظر فى طمى النيل لانها تظهر

صفراء اللون وشديدة البريق وتكون فى شكل ذرات دقيقة جداً ولامعة ولذا فطمى النيل الذى تظهر فيه الميكا لا يصلح لانشاء أساسات عليه مطلقا وهذا النوع من الطمى هو ما يكون الروبة ومعاملة التربة بالاحماض تمكن من اكتشاف التربة التى تحوى موادا عضوية وهذه المواد تذوب فى الاحماض وظهورها فى التربة يجعلها غير صالحة للتأسيس عليها لأن المواد العضوية تتكسر تحت تأثير الضغط

أنواع التربة التى تصلح للتأسيس عليها

وأصلح أنواع التربة للبناء عليها بعد الصخور الصماء هى الحصا ثم الرمال الحرشة وخصوصا اذا كانت محددة الحبيبات Angular لأن الحبيبات تتعشق فى بعضها تحت تأثير الضغط فالرمال المتوسطة فالدقيقة فأنواع الطين

ضرورة تجارب التحميل

والاختبار فى المتاحف الجيولوجية لا يفى بغرض المهندس من فحص التربة بل يعطيه فكرة عن صلاحية التربة للتأسيس عليها من عدمه وأما معرفة قوة تحمل التربة فلا يمكن الوصول اليه الا بعمل تجارب تحميل على التربة نفسها فى موقع العمل ومعرفة أقصى حمل لا يحدث معه هبوط أو يحدث هبوط متساو وبمقدار يسمح به حسب حالة العمل المراد انشاؤه ويجب استعمال معامل أمن كاف لتقدير حمل الامن وعادة يستعمل العدد ٢ او ١ ½ كمعامل امن وسنشرح ذلك بالتفصيل فى الباب الثالث

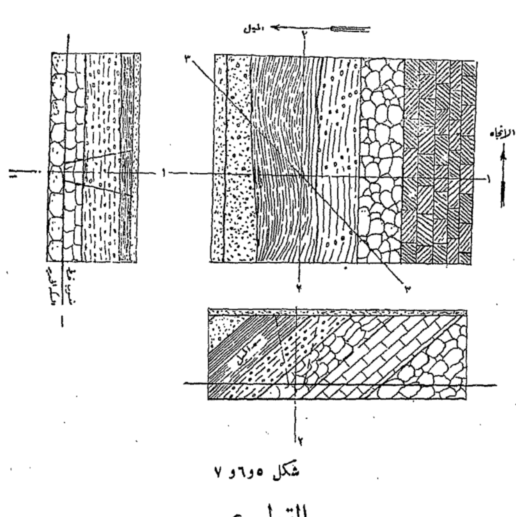
التحليل الميكانيكى

وقد يعمل تحليل ميكانيكى بواسطة هز التربة من مناخل خاصة لمعرفة مقدار ما تحويه من كل نوع ومقدار نعومة الحبيبات

وهذا التحليل الميكانيكى يعمل فى معامل وزارة الزراعة بالجيزة

ارتباط الاعمال الهندسية بتكوين المنطقة وتركيبها

فيما يلى سنضرب الأمثال لتأثير كل من التكوين والتركيب على تصميم الاعمال الهندسية فى الصخور الصماء وفى الرواسب التى تعلوها شارحين بعض الحالات التى قد تضلل المهندس وتخدعه نتيجة نقص فى مباحثه ومبينين له انسب الخطوط والمواقع التى يجب ان يتخيرها وكذا الظواهر الجيولوجية التى يتحتم عليه ان يتجنبها واسباب ذلك وكيفية ملافاة الصعوبات أثناء التنفيذ اذا ما اضطر الى اقتحامها



شكل ٥و٦و ٧

القطوع

الحالة الاولى — لنفرض منطقة صخرية صماء مكونة من طبقات ويراد انشاء قطع فيها لمد خط حديدى وأن المنطقة مسحت جيولوجيا وعمل عنها مباحث فى ثلاثة خطوط

١ — فى خط يتبع ميل الطبقات شكل ٦ ١ - ١
٢ — فى خط يتبع اتجاه الطبقات شكل ٧ ٢ - ٢
٣ — فى خط بين الميل والاتجاه وينصف الزاوية التى بينهما ٣ - ٣

وأنه صار عمل مسقط افقى وقطاعات لتوضيح امتداد الطبقات وأسماكها وميولها واتجاهاتها وتتابعها Sequence كالمبين بالرسومات ٥ و ٦ و ٧

فالقطاع ١ — ١ المأخوذ فى خط يتبع ميل الطبقات يبين ميل الطبقات وتتابعها واسماكها الحقيقية أى تكوين المنطقة الصحيح

أما القطاع العرضى للقطع فى هذا الخط فمبين على القطاع ٢ — ٢ المأخوذ فى خط يتبع اتجاه الطبقات ومنه يتضح أن حدود Edges الطبقات عند تقاطعها مع خط فى قطاع عمودى على القطع ١ — ١ تكون خطوطا أفقية بين جانبى القطع لأنها موازية للاتجاه وعلى ذلك يمكن امالة كل من جانبى القطع على زاوية مساوية لزاوية الجانب الآخر تقريبا

ويمكن جعل الزوايا كبيرة مع الافق اذا سمحت خواص الصخور بثبات جوانبها فى القطع على زوايا كبيرة

ولا يخفى مافى ذلك من اقتصاد فى الحفر فضلا عن تلافى ماقد يطرأ من صعوبات أثناء التنفيذ وفضلا عن الاقتصاد فى تكاليف صيانة جوانب الحفر

القطع فى خط يتبع الاتجاه

اذا فرضنا أن القطع عمل فى الخط ٢ - ٢ وأن القطاع العرضى لهذا القطع مبين على القطاع الطولى ١ — ١

فان القطاع ٢ - ٢ لايبين الا التتابع الحقيق للطبقات أما الاسماك المبينة على القطاع فهى أكبر من الاسماك الحقيقية لان القطع لايقطع الطبقات على زاوية عمودية على ميلها وهو لذلك لايعطى فكرة صحيحة عن تكوين المنطقة الجيولوجى

ومن القطاع العرضى لهذا القطع يلاحظ أن الطبقات تنحدر انحدارا كبيرا

عبر Across القطع لأن ذلك هو الجهة التى تميل فيها وعليه فزوايا جانبى القطع يجب ان تعمل غير متساوية وذلك لضمان ثباتها

فالجانب الذى تميل الطبقة عنده الى القطع يجب أن يعمل على زاوية أصغر من زاوية الجانب الذى تميل الطبقات عنده بعيدا عن القطع وهذا يزيد فى مكعبات الحفر وتكاليف صيانة جوانبه وخصوصا الجانب الذى تميل الطبقات عنده الى القطع

القطع بين الميـل والاتجاه

القطع ٣ ـ ٣ بين الميل والاتجاه ولنفرض انه ينصف الزاوية التى بينهما فالقطاع الطولى لا يبـين التكوين الصـــحيح والحالة تشـبه تقريبا الحالة السابقة

تأثير تكوين المنطقة الجيولوجى

ممـا تقدم يتضح بأجلى بيان أن لتكوين المنطقة أهمية كبيرة فى تخطيط الأعمـال الهندسية

ويجب على المهندس اذن قبل البت فى اختيار خطوط أعمـاله ومواقعها أن يقوم بعمل المباحث التى تـكشف له حالة المنطقة تماما وأى تهاون فى عمل المباحث الاولية أوفى استيفائها يسبب للمهندس صعوبات جمة أثناء التنفيذ وارتباكات ماكان أغناه عنها لو انه استوفى مباحثه

فلنفرض انه لم تعمل مباحث الا فى الخط ٢ ـــ ٢ فان المهندس يضلل بتلك المباحث الناقصة لانه لايظهر له تـكوين المنطقة الحقيقى بل تظهر له الطبقات أفقية فيصمم زوايا جوانب القطع على هذا الاعتبار ويعمل مقايساته ومكعباته وفقاً لذلك ويأتى دور التنفيذ فتصـدمه الحقيقـة ويتضح له ميـل الطبقات فيضطر لتغيير خطته ومقايساته

تأثير خواص الصخور الصماء فى القطوع

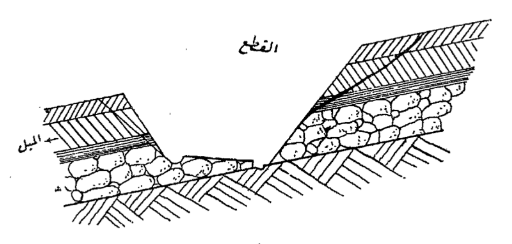
ولاستيفاء هـذا البحث نشرح فيما يلى سلوك الصخور الصماء عنـد قطعها

أى عمـل قطع فيها

عمـل قطع لخط حديدى

فانه عند ما تتعرض الصخور الصماء للعوامل الجوية بسبب قطع جزء منها وحرمانها من هذا الجزء الذى كان يسندها بين جانبى القطع ويصلها ببعضها تصبح تحت رحمة جملة عوامل ناشئة عن تكوينها الجيولوجى وعن خواص المواد المركبة لها

ففى حالة قطع كالمبين بالشكل ٨ يكون أحد جانبيه الذى تميل اليه الطبقات اضعف من الجانب الذى تميل الطبقات عنه ثم ان المياه الجوفية تنحدر من الطبقات الى القطع بشكل رشح تختلف غزارته حسب قابلية الصخور الصماء للرشح من بين طبقاتها وكذا يحصل انهيار وانزلاق فى جوانب القطع الى أن تصل ميول جوانب القطع الى مقدار زاوية الشو الطبيعى للصخور التى عمل القطع فيها



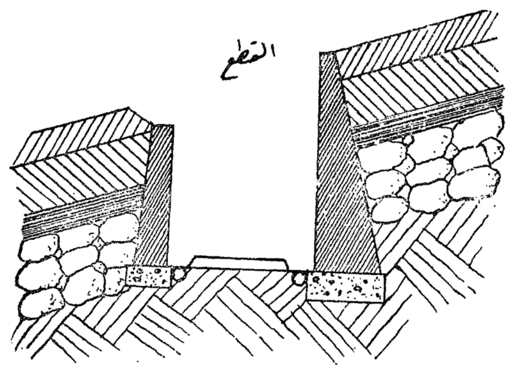
شكل ٨

والجانب الذى تميل الطبقات اليه يكون أكثر استعداداً للانهيار والانزلاق ولا يثبت الاعلى زاوية مع الافق أصغر من الزاوية التى يثبت عليها الجانب الآخر .

فاذا رؤى أن جعـل ميول جوانب الحفر على الزوايا التى تكون معها الجوانب ثابتة ينشأ عنه اتساع الحفر لدرجة تكون معها تكاليف الانشاء باهظة جداً فيمكن سند جوانب القطع بحوائط ساندة تكون ذات قطاع كبير

فى الجانب الذى تميل اليه الطبقات وذات قطاع أصغر فى الجانب الذى تميل عنه الطبقات

وفى الحقيقة فان الحائط الذى فى الجانب الذى تميل عنه الطبقات يكون كتكسية ووقاية ضد العوامل الجوية أكثر منه كحائط ساند كالشكل المبين نمرة ٩



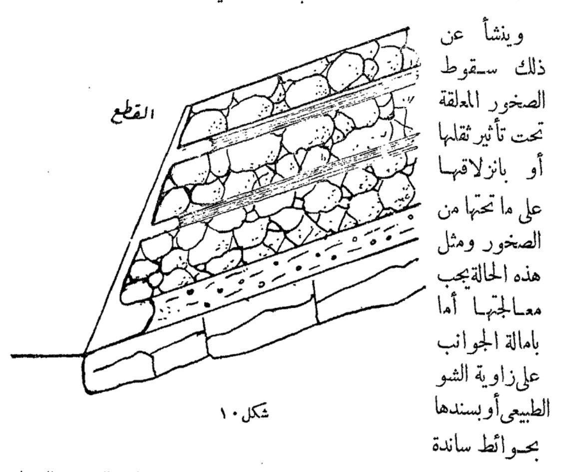
شكل ٩

أما رشح المياه فيمكن اتقاؤه أثناء العمل وكذا بعد تمام العمل بصرفه فى مجارى وذلك لمنع تشبع الصخور الصماء التى تحت قاع القطع بالماء ولايخفى مافى هذا من خطر على الاعمال الهندسية التى تنشأ على طبقات مشبعة بالماء لأن عمل الماء تحت هذه الطبقات يسبب كوارثا جساما يتفاداها المهندس بقليل من النقود تدفع فى انشاء المصارف

فاذا كانت الصخور الصماء من الانواع المندمجة الصلبة المتجانسة الخالية من الفواصل أو التى بها فواصل قليلة كالجرانيت مثلا فيحتمل عند عمل القطع فيها أن تبقى جوانب القطع ثابتة على زوايا كبيرة مع الافق وأن تقاوم العوامل الجوية بدرجة تجعل تأثير الاخيرة بطيئا جداً وكذا يكون الرشح منها الى القطع معدوما أو قليلا جداً ومثل هذه الصخور يمكن معاملتها بامالة جوانبها ميلا خفيفاً بخلاف مالو كانت الصخور الصماء من الانواع الغير صلبة والكثيرة

الفجوات فان رشح المياه منها الى القطع يكون غزيراً وأثر العوامل الجوية فيها يكون سريعا وبذلك تكون عرضة لتلف مبكر

فاذا كان القطع فى صخور مختلفة الصلابة كأن تكون بعض الطبقات مكونة من مواد صلبة مندمجة حبيباتها وأخرى من مواد غير صلبة وكثيرة الفجوات فان أثر العوامل الجوية على الصخور يكون مختلفا فهو طفيف فى الصخور الصلبة وكبير فى الصخور الاقل صلابة وبذلك يحدث تآكل فى الاخيرة تصبح معه الصخور الصلبة معلقة فى الفضاء وغير مسنودة بما تحتها من صخور ضعيفة بسبب التآكل الذى حدث بها كما هو مبين بالشكل ١٠

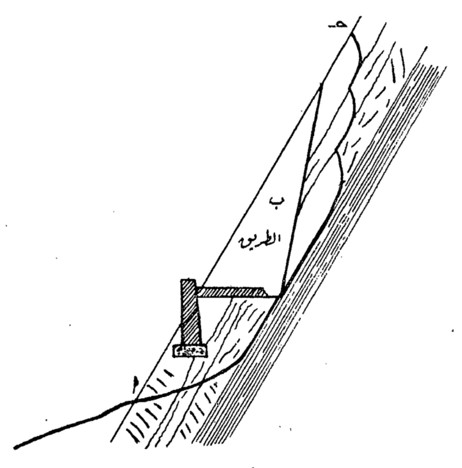


شكل ١٠

وينشأ عن ذلك سقوط الصخور المعلقة تحت تأثير ثقلها أو بانزلاقها على ما تحتها من الصخور ومثل هذه الحالة يجب معالجتها أما بامالة الجوانب على زاوية الشو الطبيعى أو بسندها بحوائط ساندة

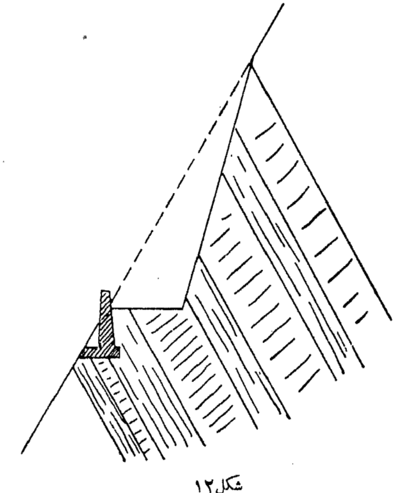
الحالة الثانية . قطع لعمل طريق فى جرف ـ فاذا كانت الصخور الصماء ظاهرة كما هو الحال فى واجهة تل أو جرف وأريد قطعها لعمل طريق مثلا وكانت الصخور تميل نحو القطع ففى هذه الحالة يجب عمل حائط ساند قوى لتحمل الجهود التى تنشأ من حركة المرور على الطريق وللوقاية من العوامل الجويه فاذا وجدت مياه رشح غزيرة فتعمل الاجراءات

اللازمة لتصريفها وعدم تراكمها ويصير امالة جانب القطع على زاويه يؤمن معها ثبات التل وعدم انهياره أو انزلاقه واى تهاون فى هذه التحوطات يجعل سلامة الطريق وأرواح المارة فى خطر ويصبح القطع مكانا لتجمع مياه الرشح ويكون التل عرضة للانهيار فينهار الجزء الاسفل ا ب بسبب الجهود التى تنشأ عن حركة المرور ويتسبب عن ذلك انهيار الجزء الاعلا ب حـ وخسارة كبيرة فى الاموال والارواح وموقع كهذا يعتبر غير صالح على أى حال ويحسن العدول عنه كما هو مبين بالشكل ١١



شكل ١١

اما اذا كانت الصخور تميل عن القطع فيعمل حائط صغير كوقاية لجانب التل وميل خفيف لجانب القطع وقد لايحتاج الحال لعمل مصارف لمياه الرشح كالمبين بالشكل ١٢



شكل ١٢

القطوع فى الرواسب

فى الحالات السابقة عن عمل قطوع كانت الفروض على اعتبار ان القطوع فى صخور صماء فلنفرض الآن ان القطع فى الرواسب التى تعلو الصخور الصماء

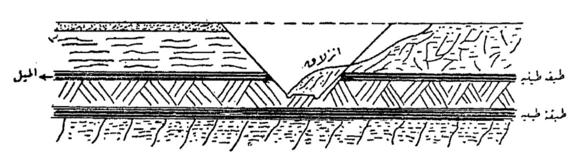
تأثير خواص الرواسب

من الغريب فى خواص الرواسب التى تعلو الصخور الصماء أنها تتغير بعد قطعها و تعرضها ومنها ما يكون سريع التغير ومنها ما يكون بطيئه ولذا يجب عند دراستها التأنى فى الحكم عليها فقد تثبت الطبقات عند قطعها بامالة جوانب القطع على زاويةما ولكن بعد قليل من الوقت لا يلبث أن تحصل انزلاقات وانهيار ونظراً لاختلاف الطبقات من حيث ثباتها اختلافا كبيراً فيجب دراسة كل طبقة على حدة وملاحظة امالة جوانب القطع على الميل الذى تثبت معه أضعف الطبقات وحتى لا يعمل غير ميل واحد للجانب الواحد

والرواسب الطينية من أصعب الرواسب فى معالجتها وخصوصاً اذا كان بها رمال تحمل بين حباتها مياها

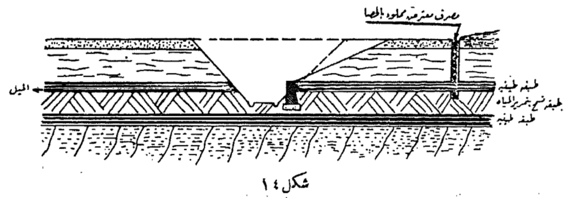
فالرواسب الطينية قد تثبت على ميل ١على١ فاذا ما تشبعت بالمياه بسبب قطعها انزلقت وانهارت وبالاخص عند اسفل الميل فقد تنهار الى ان تصبح فى وضع أفقى

الحالة الثالثة ـ فان كان القطع فى رواسب تميل طبقاتها الى القطع وكانت احدى الطبقات تعلو طبقة من النوع الزلق Slippery المانع لنفاذ المياه Non Porous فان الرواسب العليا تنزلق على سطح الرواسب التى تحتها كما هو مبين بالشكل ١٣



شكل ١٣

وفى حالة كهذه يمكن عمل مصرف لتلقى مياه الرشح قبل وصولها الى القطع ويسمى مصرف معترض Intercepting على مسافة من أعلا القطع كما هو مبين بالشكل ١٤



شكل ١٤

فهذا المصرف يجمع كل المياه التى كانت سبباً فى زلق الطبقة المانعة لنفاذ المياه وينقلها الى طبقة اخرى تسمح بتسرب المياه الى مواقع أخرى

والمصرف المعترض يكون عبارة عن خندق مملوء بالحصا وموازٍ لخط القطع وغائر الى طبقة اوطى من الطبقة الزلق بحيث تسمح بتمرير المياه

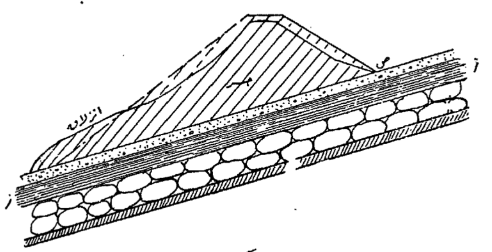
الجسور

سنناقش فيما يلى حالة انشاء الجسور على تربة من الصخور الصماء ثم على الرواسب التى تعلو الصخور الصماء

الجسور المقامة على الصخور الصماء ـ حيث أن الصخور الصماء لم تقطع ولم تعرض للعوامل الجوية فان تأثير خواصها يكون ثانويا فى حالة انشاء الجسور سيما وأن قوة تحملها تكون موضع ثقة فى حمل أثقل الجسور اذا اتخذت الاحتياطات اللازمة لازالة الصخور السطحية التالفة أو البالية من تأثير العوامل الجوية وعمل وسائل كافية لصرف ما عساه أن يتجمع من المياه حول موقع الجسر

وعليه فالعامل الاول المؤثر عند انشاء جسر هو تكوين المنطقة

الحالة الرابعة ـ فاذا كانت الطبقات مائلة Dipping والرواسب التى تعلو الصخور الصماء من نوع رخو زلق كالطبقة « زز » المبينة بالشكل ١٥ فقد

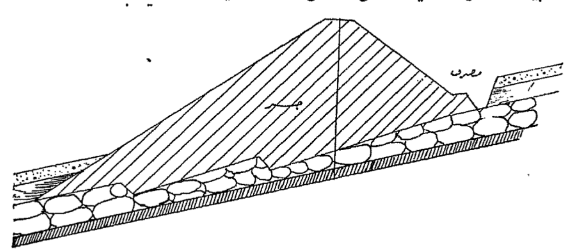


شكل ١٥

تحدث انزلاقات كثيرة بالجسر وذلك لانزلاق الرواسب على سطح الصخور الصماء التى تحتها بتأثير ثقل الجسر الواقع عليها

ومما يزيد الطين بله تجمع المياه عند النقطة « ص » فى الجانب الاعلا من الجسر وهذا قد يؤدى الى زحزحة الجسر دفعة واحدة فى جهة ميل الطبقات

ولتلافى حدوث ذلك يجب ازالة المواد الرخوة الزلق وقطع الصخور لتثبيت الجسر وتعشيقه وعمل وسائل صرف كافية كما هو مبين بالشكل ١٦

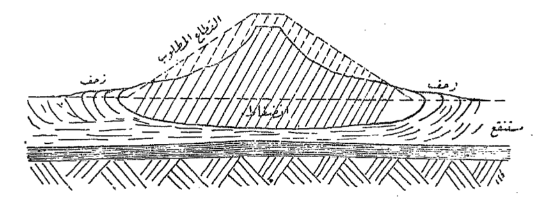


شكل ١٦

الجسور المقامة على رواسب تعلو الصخور الصماء

تكوين المنطقة الجيولوجى فى هذه الحالة كما فى حالة انشاء الجسر على الصخور الصماء هو العامل الأول المؤثر فى سلامة الجسر لأن الانزلاق الذى ينشأ عن تكوين الطبقة المقام فوقها الجسر اكثر خطورة من الانزلاق العادى المسبب عن خواص المواد المركب منها الجسر

الحالة الخامسة ـ فاذا أقيم جسر ثقيل على رواسب من نوع رخو



شكل ١٧

أو على مستنقع Soft or Marshy فانه يكون عرضة لانزلاقات خطيرة بسبب انضغاط الطبقة الرخوة المقام عليها وزحفها كما هو مبين بالشكل ١٧ ويستمر

الانزلاق فى الجسر الى ان يثبت بسبب ثبات التربة التى تحته لأن الانضغاط المسبب لها من ثقل الجسر يجعل قوة تحملها أكبر

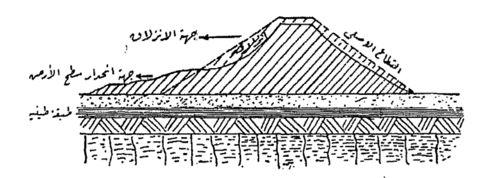
وهذا يستدعى زيادة كبيرة فى مكعبات الجسر المحسوبة وحتى بعد ان يتم انشاء الجسر فانه يصبح عرضة لانزلاقات اخرى خطيرة بسبب حركة المرور ويحتاج دائما الى تقوية وصيانة باهظة

ولعلاج حالة كهذه يصير إما ازالة الارض الزلقة او صرف المنطقة صرفا وافيا بالغرض او انشاء الجسر على فرش Raft ويجب ان يراعى المهندس الاقتصاد فى الطريقة التى يتبعها

الحالة السادسة ـ الجسور التى تقام على ارض منحدرة الى جهة تكون دائما عرضة للانزلاق اذا كانت الارض رخوة ومشبعة بالمياه كما هو مبين بالشكل ١٨

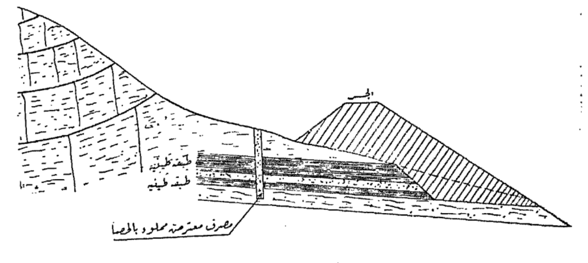
وفى مثل هذه الحالة يجب صرف المنطقة صرفا جيداً قبل انشاء الجسر

فاذا كانت الطبقة التى أقيم عليها الجسر تعلو طبقات رسوبية تميل نحو الجسر



شكل ١٨

فانه يخشى من انزلاق الجسر كتلة واحدة لناحية الميل وبالاخص اذا كانت الطبقات التى تحت الطبقة الحاملة للجسر من النوع الزلق شكل ١٩



شكل ١٩

ومثل هذه الحالة تعالج بازالة الطبقات الزلقة حتى تكون قاعدة الجسر على طبقة غير زلقة وتسمح بتمرير المياه منها

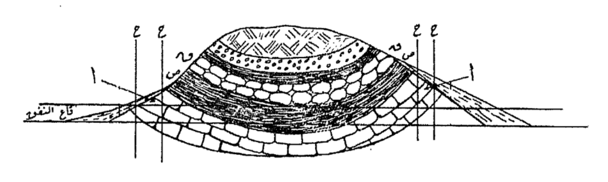
ويجب حفر خندق مواز لخط الجسر وملئه بالحصا فى سفح التل ليكون كمصرف معترض وتعمل مصارف فرعية على مسافات من طول المصرف المعترض تحت الجسر فى اتجاهات عمودية عليه وتصب فى المصرف المعترض

الانفاق

فى الصخور الصماء ـ فلنفرض انه يراد انشاء نفق فكل ماسبق ان بيناه فى صدد عمل قطع فى الصخور الصماء يمكن تطبيقه فى حالة الانفاق غير أن الانفاق عادة تكون على عمق اكبر من القطوع والظروف المحيطة بها اكثر تعقيداً ولتكوين المنطقة الجيولوجي الأثر الأول فى انتخاب خط النفق وتصميم قطاعه كما تتوقف عليه تكاليف الانشاء والصعوبات الى تعترض العمل .

اما خواص الصخور الصماء فتحدد الامكنة من خط النفق التى يجب عندها عمل بطانة من الداخل لتحمل ضغط الطبقات التى فوق سقف النفق والتى على جانبيه أو لوقاية اجزاء من النفق من تأثير العوامل الجوية وأى تهاون أو تقصير فى عمل المباحث الجيولوجية قد يؤدى الى خدع المهندس

الحالة السابعة ـ ومن الحالات الخادعة نتيجة للتهاون فى دراسة تكوين المنطقة الجيولوجى ماهو مبين بالشكل ٢٠ فانه يمثل نفقا يخترق طبقات منثنية ذات صخور ضخمة عند حافتيه فاذا عملت حفر الاختبار عند حافتى النفق وفى المواقع «ع . ع . ع . ع .» فقط فان النتيجة تصور لنا الطبقة «اا»

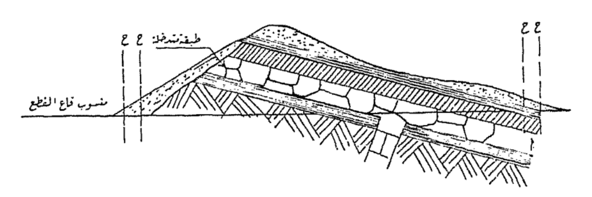


شكل ٢٠

فى حفر الاختبار على منسوب واحد أى أفقية فاذا اتخذت هذه النتيجة اساسا لتصميم النفق وتخطيطه فانه يحدث ارتباك شديد فى التنفيذ عند ما يعترض خط النفق طبقة من حجر الطين الصفحى Shales الضعيف التركيب مثل «ص ص» والذى يجب ان يبطن النفق عند اختراقه لها ببطانة متينة وكذلك يزيد الارتباك عند مايخترق النفق الطبقة «ن . ن» المحملة بالمياه فى الجزء المتوسط من طوله فان النفق فى هذا الجزء يحتاج لوقاية وبطانة باهظتين

ولا يخفى مايطرا من صعوبات لم تكن منظورة بسبب ضعف الطبقات ورشح المياه بغزارة مما لم يستعد المهندس لمقاومته ومما يدعوه الى تغيير طرق تنفيذه وتعطيل العمل ريثما يستعد ويتخلص من الصعوبات

الحالة الثامنة ـ وفيما يلى مثل آخر من النتائج السيئة التى تترتب على عدم البحث الجيولوجى الوافى فيما يختص بتكوين المنطقة فقد يحدث ان توجد طبقة متدخلة بين طبقات الصخور الاخرى كالطبقة «ا» المبينة بالشكل ٢١ فاذا فرضنا نفقا



شكل ٢١

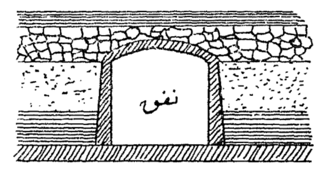
يخترق الطبقات المبينة بالشكل وأن حفر الاختبار لم تعمل الا فى المواقع ع . ع . ع . ع
عند حافتى النفق والى عمق لم يصل الى الطبقة « ا » المتدخلة

فان اعتراض هذه الطبقة لخط النفق اثناء التنفيذ قد يؤدى الى ظهور صعوبات تضطره الى وقف العمل وتغيير طريقته فى التنفيذ مما يزيد فى تكاليف العمل كثيرا

تأثير تكوين المنطقة — وما سبق ان بيناه فى حالة القطوع من علاقة التخطيط بالميل والاتجاه يمكن تطبيقه فى حالة الانفاق

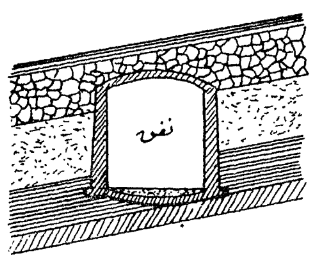
الحالة التاسعة ـ فاذا فرضنا نفقا يتبع فى تخطيطه ميل الطبقات وكانت الطبقات ذات ميل طفيف ومركبة من صخور صلبة كما هو مبين بالشكل ٢٢ واخرى ضعيفة فبما أن اتجاه الطبقات يكون غالبا عموديا على محور النفق فان الضغوط الناشئة من الصخور المركبة منها الطبقات على جانبي النفق يمكن اعتبارها كأنها ناشئة عن طبقات افقية وعلى ذلك تكون الضغوط الجانبية صغيرة وكذلك الضغوط التى على قاع النفق وفى هذه الحالة يكفى سند جوانب النفق بحوائط ساندة ذات قطاعات صغيرة كبطانة اما سقف النفق فيبطن بعقد ليقاوم الضغط الناشىء عن الطبقات التى فوق السقف عند ما يقل ارتفاع الطبقات التى فوقه وقد يبطن سقف النفق فى كامل طوله

وعند ما يمر النفق فى طبقات ذات صخور ضعيفة يجب عمل بطانة للسقف وعلى المهندس أن يتوقع دائما رشح المياه من الطبقات الغير مانعة للماء والتى يخترقها النفق



شكل ٢٢

الحالة العاشرة ـ فاذا كان خط النفق يتبع اتجاه الطبقات كما هو مبين بالشكل ٢٣ فانه يوجد ضغوط كبيرة ومختلفة المقدار على جوانب النفق ناشئة من انزلاق



شكل ٢٣

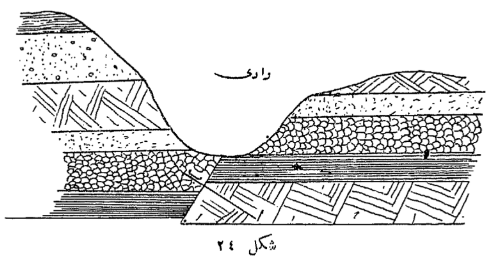
الطبقات ذات الصخور الصلبة على الطبقات ذات الصخور الضعيفة وفى هذه الحالة يجب سند الجوانب بحوائط متينة ويعمل قاع النفق عقدا معكوسا ويعمل سقف النفق على شكل عقد أيضا ويجب اتقاء مياه الرشح بصرفها أثناء التنفيذ وبعد نجاز العمل بصفة مستديمة

فاذا كانت الطبقات التى يخترقها النفق ذات ميل كبير وكان خط النفق يتبع اتجاه الطبقات فان النفق يكون متأثرا بضغوط كبيرة فوق سقفه وعلى جوانبه ويجب ان تعمل بطانة ذات قطاع كبير ولكن رشح المياه فى هذه الحالة يكون أقل منه فى الحالات السابقة نظراً لان المسطح الذى ترشح منه المياه أصغر من نظيره فى الحالات السابقة وذلك لميل الطبقات الكبير

فاذا جاء خط النفق فى كل من الحالات السابقة فى صخور صماء ضخمة

متجانسة كالجرانيت فقد يتم تنفيذه دون أن تطرأ صعوبات من وجهة التكوين الجيولوجي ويكون العامل المؤثر فى نوع البطانة اللازمة هو خواص الصخور

الحالة الحادية عشر ـ ومن الظواهر الجيولوجية ذات التأثير الهام فى تخطيط وتصميم الانفاق الفوالق فالشكل ٢٤ يبين نفقا فى منطقة تلية Hilly وتخطيطه



شكل ٢٤

على منحدر صاعد Rising Grade من يمين الوادى الى وسطه أى من ا الى ب حيثما يستتر الفالق ويخترق النفق طبقة صخرية ضخمة عند أسفل المنحدر « ا » والتى تبشر بعدم وجود صعوبات أثناء التنفيذ ولا ما يمنع من اختراق النفق لها دون بطانة ولكن عند مايصل العمل الى وسط الوادى «ب» يعترض العمل الفالق بصخوره المفتتة المنزلقة

ولنفرض ان الطبقة التى يخترقها النفق عند ب هى طبقة غير مانعة للماء فان الصعوبات التى يقابلها المهندس تصبح مما يعسر التغلب عليه نظراً لضعف الطبقات ولغزارة رشح المياه من الفالق وبذا تضاعف تكاليف العمل

مما تقدم أصبح واضحا أن خواص الصخور الصماء التى يخترقها النفق هى عامل هام جداً فى اختيار نوع بطانة النفق

فالصخور الصماء الصلبة المتبلورة كالجرانيت والكوارتز يمكن أن تبقى بعد اختراق النفق لها دون بطانة وكذا الصخور النارية الصلبة كالبزلت بينما صخور الشست والشستوس يجب أن تبطن اذا كان ميل الطبقات كبيراً

أما الصخور الصماء الرسوبية المكونة من طبقات فغالبا يبطن النفق عند اختراقها الا اذا كانت الطبقات ضخمة ومن الصخور الرملية أو الجيرية المندمجة والقليلة الفواصل

أما الصخور الصماء الاردوازية Slatey فانها تكون بعد قطعها عرضة للتلف بتأثير العوامل الجوية ولذا يجب تبطينها

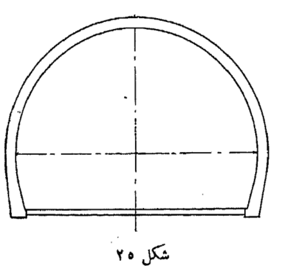
أما الصخور الطينية الصفحية Shales فانها تكون عرضة للتلف المبكر عند وجود المياه

نفق الاحايوة

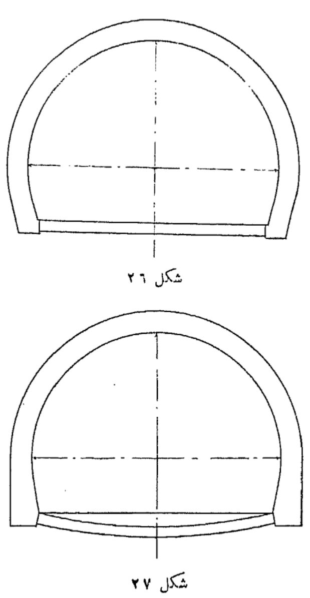
الحالة الثانية عشر — ولنضرب هذا مثلا لاهمية خواص الصخور الصماء فى اختيار نوع البطانة اللازمة للنفق

نفق الاحايوه عمل فى جبل الاحايوه الذى يبعد نحو ٣ كيلو مترات عن ناحية الاحايوة وصخوره جيرية وقد عمل النفق لنقل مياه ترعة الفاروقية وطوله ٩٤٠ متراً وقد وجد أن هذا النفق على قصر طوله مثل للتباين فى تركيب صخوره وخواصها فوجدت الصخور فى جزء منه صلبة مندمجة وهذا الجزء هو الذى يعلوه ارتفاع كبير من الصخور وكان مقرراً أن لا يبطن وفقط يبيض بطبقة سميكة من مونة الاسمنت والرمل المقذوفة تحت ضغط هوائى Gunite لوقاية الصخور من فعل المياه والعوامل الجوية ولكن عدل عن ذلك أخيراً ورؤى تبطينه ببطانة خفيفة لضمان عدم تأثره بالماء وبالعوامل الجوية شكل ٢٥

بينما وجدت الصخور عند أطراف النفق ضعيفة فعملت بطانة قوية مكونة من حوائط ساندة للجوانب وعقد للسقف وفرش مستو للقاع ش. ٢٦



شكل ٢٥


شكل ٢٦

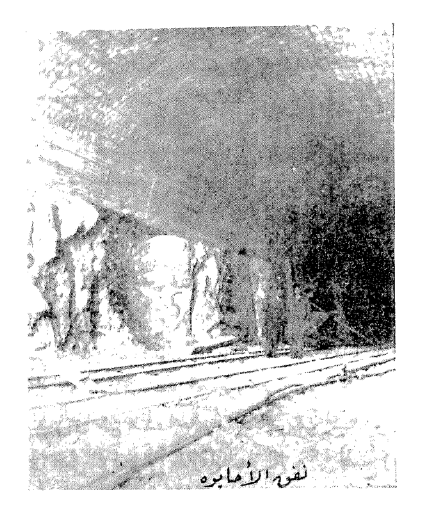
شكل ٢٧

ولكن أثناء التنفيذ وجد أن النفق صادف طبقة طفلية Marl فى قاعه وفى جزء من ارتفاع أحد جانبيه فعملت البطانة بعقد معكوس فى القاع ش ٢٧ فى طول الطبقة الطفلية

ويكون بذلك قد عمل ثلاثة أرانيك لبطانة النفق فى طول النفق القصير والصورة الفوتوغرافية نمرة ٢٨ تبين انشاء العقد لبطانة سقف نفق الاحايوة فقد عمل العقد أولا قبل الحوائط الساندة وذلك بأن جعل العقد يرتكز على أعتاب من الخرسانة المسلحة عند أرجله كما هو مبين بالصورة ش ٢٨

الانفاق فى الرواسب — فيما تقدم شرحنا علاقة تكوين التربة وخواص الصخور الصماء بانشاء نفق اذا كان النفق سيخترق طبقات صخور صماء وفيما يلى سنبحث حالة نفق يمر فى الرواسب التى تعلو الصخور الصماء Drift ففى هذه الحالة يجب تبطين النفق لمقاومة الجهود التى تنشأ بسبب عدم ثبات طبقات الرواسب ونزوعها الى الانزلاق والانهيار عند قطعها

وخواص هذه الرواسب تختلف كثيراً ففى بعضها تكون خاصية التماسك قوية والاحتكاك بين حباتها كبير وفى البعض الآخر تكاد تنعدم الخاصيتان المذكورتان فالطين المندمج الحبيبات Compact Clay مثل للرواسب ذات التماسك القوى والاحتكاك الكبير



شكل ٢٨

بينما الرمل الزئبقي Quick Sand والروبة مثاين للنوع الذى تنعدم فيه هاتان الخاصيتان ولخواص الرواسب الشأن الاول فى تصميم قطاع بطانة النفق فاذا كان النفق سيخترق طبقات رخوة وكان قليل الغور فان الطبقات التى تعلو سقف النفق تثبت على زوايا معينة ويكون أغلب ثقلها واقعا على سقف النفق الذى يجب أن يبطن بعقد متين ويجب أن تعمل حوائط جانبية ساندة

أما اذا كانت الانفاق كبيرة الغور وتخترق طبقات رخوة من الرواسب ففى هذه الحالة يظهر أثر خاصية تقوس التربة Arching التى تكون على عمق كبير وتحمل فوقها طبقات ثقيلة بارتفاع كبير ويجب الاستفادة بهذه الخاصية لانها تخفف من الضغوط الواقعة على السقف وفى حالة كهذه يعمل قطاع النفق على شكل القطع الناقص أو يعمل دائرى

فاذا كانت الرواسب لا تثبت الا على زوايا صغيرة جدا مع الافق أو كانت

مشبعة بالمياه فأنسب القطاعات هو القطاع الدائرى

وتكوين الرواسب هو العامل المتسلط فى اختيار تخطيط النفق ومنسوبه وفى تصميمه وتنفيذه

بينما خواص الرواسب هى التى تحدد مواقع البطانة ونوعها

وعلاقة ميل الطبقات واتجاهاتها بتصميم النفق وتنفيذه مشابهة لنظيرتها فى حالة الصخور الصماء

وعلى وجه عام فانشاء النفق فى الرواسب أصعب منه فى الصخور الصماء نظرا لضعف الاولى من حيث تركيبها ولضعف خاصيتى التماسك والاحتكاك فيها وكذا لسرعة تغير خواصها عند تعرضها وأصعب ماقد يلاقية المهندس عند العمل فى الرواسب التى تعلو الصخور الصماء هو وجود مياه غزيرة بها لانه على المهندس فى مثل هذه الحالة أن يتخلص من المياه بواسطة صرفها وأن يعمل فى نفس الوقت على مقاومة انهيار التربة التى تصبح رخوة مشبعة بالماء بعد أن كانت متماسكة ثابتة

فبينما يصادف المهندس طبقة طينية متماسكة ثابتة اذ به يجدها قد تغيرت الى مادة مشبعة بالمياه غير متماسكة

وذلك بسبب وجود طبقة تعلوها مباشرة من الرمال والحصا المشبعة بالمياه بين حباتها

فالمياه تجد طريقها من الطبقة الرملية الى الطبقة الطينية داخل الشقوق التى تظهر فيها عند اختراق النفق لها

ومن أنواع التربة الخادعة بعض أنواع الطين الصفحية الكثيرة الكلأ والجذور Sodden فانها عند تعرضها تنتفخ وتتشقق وتصبح بذلك من اصعب المواد لاختراق النفق

اما الجلاميد الطينية المتماسكة فليس من الصعب اختراقها مالم يفصلها عن بعضها طبقات من الحصا والرمال المشبعة بالمياه فانها تصبح صعبة المعالجة شديدة المراس

اما الرمال المشبعة بالمياه فانها تحت تأثير الضغط تصبح زئبقية وتسبب أضرارا كثيرة وتستدعى معالجة الحالة تفريغ المياه وازالة الرمال المتساقطة وسند النفق بعبوات قوية أثناء التنفيذ ثم تبطينه ببطانة متينة

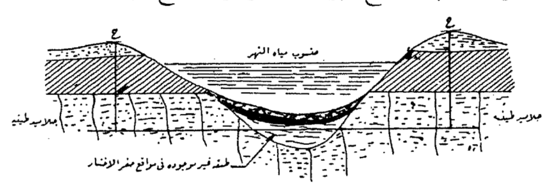
وعلى المهندس أن يجتنب اختيار التخطيط فى الطبقات الرخوة او المشبعة بالمياه والتى ينشأ عنها صعوبات اثناء التنفيذ فاذا اضطر لذلك فعليه أن يعد عدته للتغلب عليها متى أظهرت له المباحث وجودها ولذا يجب أن تكون المباحث والجسات وافية والى مناسيب أوطى من مناسيب قاع النفق بعمق كاف

الانفاق تحت أقواع الانهار

أما فى حالة انشاء الانفاق تحت اقواع الانهار فان وجود المياه بصفة مستديمة وعادة تحت ضاغط كبير Great Head يجعل عملية التنفيذ شاقة

وبما أن الرواسب فى اقواع الانهار من الحصا والرمال والرواسب الطينية تأخذ اوضاعا فى شكل طبقات غير منتظمة وقد تتغير فى مسافات قصيرة من حيث امتدادها وسمكها وتركيبها فلذا يجب الحصول على اوفى بيانات ممكنة عن هذه الرواسب

فتعمل مساحة جيولوجية دقيقة عن المنطقة المجاورة للنهر وتعمل حفر اختبار وثقوب للجس فى قاع النهر لانه لايمكن الاكتفاء بالمباحث التى تعمل خارج مجرى النهر نظرا لسرعة تغيير حالة الرواسب فى مسافات قصيرة ولاحتمال وجود رواسب تحت قاع النهر مخالفة للموجودة خارج مجراه ·



شكل ٢٩

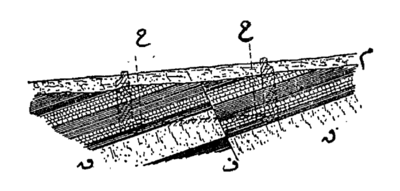
الحالة الثالثة عشر — الشكل ٢٩ يبين حفر الاختبار التى خارج مجرى النهر تكشف عن طبقة من الجلاميد الطينية المتماسكة عند منسوب قاع النفق

ومن ذلك يتبادر الى الذهن ان هذه الطبقة مستمرة تحت قاع النهر ولكن اذا عملت ثقوب فى قاع النهر فانه يظهر أن هـذه الطبقة قد تآكلت الى عمق كبير تحت منسوبها الذى ظهرت عليه خارج مجرى النهر وحل محلها رواسب نهرية أخرى رخوة ومشبعة بالماء

فاذا اكتفى المهندس بجساته التى خارج مجرى النهر فانه يخدع وتصادفه صعوبات تضطره لوقف العمل والاستعداد للحالة الطارئة

أحواض المراكب Docks and Locks

ومن الظواهر الجيولوجية ذات التأثير السيء فى الاعمال الهندسية الفوالق كما اسلفنا



شكل ٣٠

الحالة الرابعه عشر ـ ولنورد هنا مثلا آخر عن تأثيرها وليكن حوضا للمراكب Dock Basin وانه قد اجرى اختبار الموقع واستكشاف التربة بعمل حفرتى اختبار عند ع،ع بالقرب من حائطى الحوض فاذا فرض وجود فالق مستتر تحت الطبقة الافقية المستمرة م فنظرا لوجود الفالق بين حفرتى الاختبار ولعدم عمل حفر اختبار على الفالق نفسه فان البيانات التى يحصل عليها المهندس تكون ناقصة وخادعة

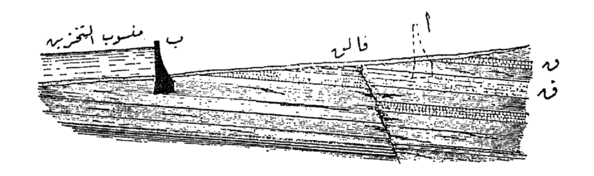
وعند مايعترض الفالق عمل المهندس فانه يحدث ارتباكا شديدا بسبب غزارة خرير المياه من الفالق الى أساس الحائطين عن طريق الطبقة الغير مانعة للمياه

«ن» وفى حالة كهذه فان الحائط اليمنى تنزع دائما الى الانزلاق فوق سطح الفالق هذا فضلا عن أن المياه التى بالحوض تجد طريقها فى الفالق الى الطبقات الغير مانعة للمياه اذا ما كان الحوض مقفلا بالوابات

خزانات المياه والسدود

في الصخور الصماء — عند اختيار موقع لاجل انشاء خزان فى منطقة صخور صماء فأول مايجب مراعاته هو انتخاب حوض قاطع للمياه أى لاتتسرب منه مياه التخزين بطريق الرشح ثم انتخاب اساس سليم لبناء الخزان فوقه

وللوصول لهذين الغرضين يجب دراسة المنطقة دراسة دقيقة من حيث تكوينها وخواص صخورها فالصخور الصماء الكثيرة الفواصل والفجوات والشقوق يجب اجتنابها لعدم صلاحيتها وعدم وفائها بالغرضين السابقين وكذا الصخور الصماء التى بها ثنيات وتجعدات أو فوالق تعتبر ايضا غير صالحة



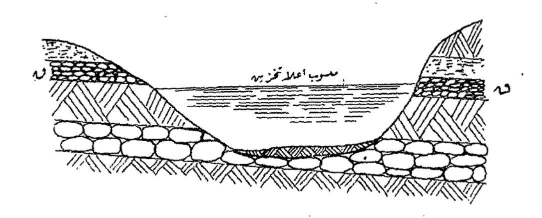
شكل ٣١

الحالة الخامسه عشر — الشكل ٣١ يبين قطاعا عن وادى مقاما عليه خزان عند ب وتميل طبقاته الى خلف الخزان وبه فالق تسبب عنه وجود حافتى الطبقتين «ن» «و» الغير قاطعتين للمياه على سطح الوادى فاذا فرضنا أن الخزان أقيم عند الموقع ا خلف الفالق على الطبقة «ن» كاساس فان مياه التخزين تجد طريقها فى الفالق وفى الطبقه «ن» نفسها بينما يصبح جسم الخزان نفسه عرضة لخطر الانقلاب بسبب وجود المياه بين قاعدته وبين الطبقه «ن» كما أنه يصبح معرضا لخطر الانزلاق على سطح الفالق

وهنا يظهر بوضوح أهمية تكوين المنطقة الجيولوجى فى انتخاب موقع الخزان

فالموقع ب اكثر صلاحية لانه امام الفالق فلايخشى معه من اضرار الفالق وكذلك الطبقات عند ب ضخمة ومن صخور لا تنفذ منها المياه وتصلح أساساً يؤمن معه على جسم الخزان ويجب بجانب دراسة القاع جيولوجيا دراسة جوانب الوادى من حيث تكوينها الجيولوجى الى منسوب أعلا مياه وقت الخزن على الأقل

الحالة السادسة عشر ـ الشكل ٣٢ يبين قطاعا عرضيا للوادى وفيه تميل الطبقات ميلا طفيفا والطبقه ن غير مانعة للماء ومعرضة لسطح المياه أمام الخزان عند أحد جانبي الوادى فان مياه التخزين فى مثل هذه الحالة تفقد بواسطة التشرب داخل هذه الطبقة عند الجانب الأيمن من الوادى والذى فيه هذه الطبقة تحت منسوب سطح مياه التخزين ويصبح مع ذلك عمل الخزان على هذا المنسوب ضرب من ضروب الاسراف الغير منتج وفى موقع كهذا يجب الخزن على منسوب أوطى يمكن معه مفاداة الطبقه ن التى تنفذ منها المياه وتضيع من المقدار المخزون بطريق التشرب



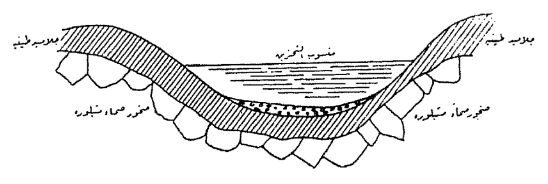
شكل ٣٢

والخزن على منسوب أوطى يؤدى بطبيعة الحال الى خزان ذو سعة أقل من الخزان العالى فاذا كان من الضرورى الخزن على المنسوب العالى للحصول على كمية معينة من الماء فيجب معالجة الحالة بعمل حائط ساند بطول بروز الطبقة ن فى الجانب الذى تفقد منه المياه اذا كان هذا الطول صغيرا والافلا مندوحة من خفض منسوب الخزن أو العدول كلية عن هذا الموقع والبحث

عن موقع تكون فيه جوانب الوادى أكثر صلاحية للخزن على المنسوب العالى

فى الرواسب — أما اذا كان الخزان سيشيد فى منطقة رواسب من التى تعلو الصخور الصماء

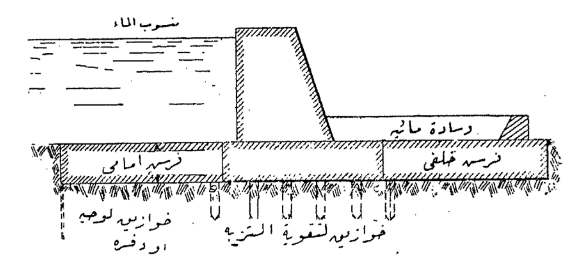
الحالة السابعة عشر — فأذا كان الوادى مغطى فى جوانبه وقاعه بطبقة طينية سميكة مانعة للمياه ومتجانسة فهذا الوادى يصلح لأن يقام فيه خزان ماعدا رشح طفيف أثناء الخزن كالمبين بشكل ٣٣



شكل ٣٣

وعلى أى حال فيجب عند تشييد خزان على اساس من الطبقات الطينية اختبار هذه الطبقات جيدا لاعماق كبيرة ومعالجة الحالة حسب ماتستدعيه طبيعة الطبقة التى ستكون الاساس

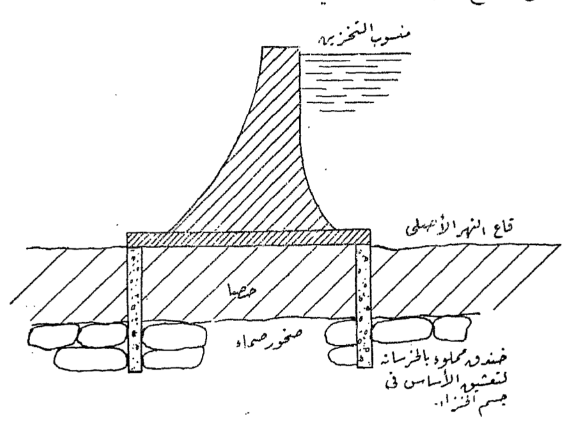
فاذا كانت الطبقات السطحية غير صالحة فيصير النزول الى عمق كاف للتأسيس على طبقة تكون قوة تحملها كافية



شكل ٣٤

فاذا وجد أن الطبقات رخوة الى اعماق كبيرة فيصير يردق خرازيق قصيرة لزيادة قوة تحمل التربة ش ٣٤
او دق خوازيق حامله Bearing Piles واذا كانت طبيعة الطين من النوع الذى يزحف تحت تأثير الضغط فيعمل خلف الخزان ستائر او خوازيق لوحيه Sheet Piles اودفرة Curatin Wall لحجز التربة

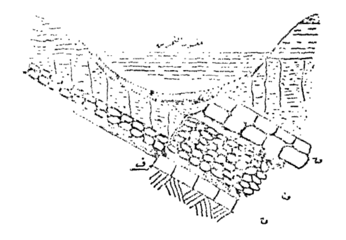
ويمكن ملافاة ضعف قوة تحمل التربة بعمل بروز عند قاعدة الخزان لتحميله على مسطح اكبر شكل ٣٥ ويجب حماية الطبقة الطينية خلف الخزان من



شكل ٣٥

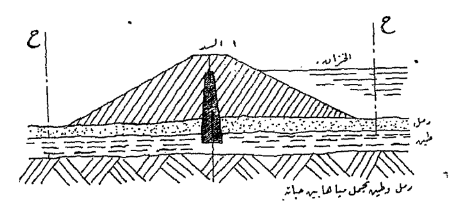
التآكل بفرش يمتد حتى تصبح سرعة المياه بحيث لا تنحر الطينة المركبة منها طبقة قاع الوادى شكل ٣٤ بتأثير المياه المنصبة من فتحات الخزان اومن فوق السد

الحالة الثامنة عشر — أما الحصا والرمال والمواد الغير متماسكة الاخرى كالطين الذى يتخلله صفائح من الرمال المملوءة فجواتها بالماء ان كانت تكون قاع الوادى وجوانبه فالوادى لا يصلح لخزن المياه لان الرواسب المكون منها تسمح بتسرب المياه الى طبقات الصخور الغير مانعة « « « وتنقل بواسطتها الى اماكن أخرى شكل ٣٦



شكل ٣٦

والحصا والرمال تصلح اساسا للخزانات من حيث قوة تحملها ماعدا الخزانات البنائية الكبيرة الارتفاع ويمكن معالجة تسرب المياه فى هذه الحالة بعمل Core Wall حائط متوسط من الخرسانة أو الطين المانع الرشح Puddle Clay ش ٣٧ أو بعمل حائط امامى مانع للرشح (دفره) اوستائر ش ٣٤ ويجب حماية القاع من النحر



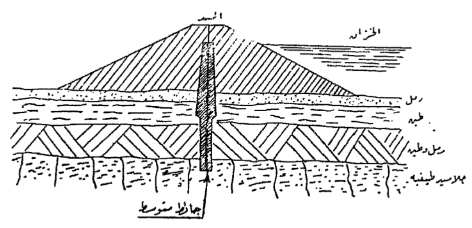
شكل ٣٧

الحالة التاسعة عشر — ومن نتيجة المباحث الغير وافية كأن تعمل الثقوب وحفر الاختبار لاعماق غير كافية أن توجد طبقة تصلح للتأسيس عليها ولكنها تكون متلوة بطبقة حاملة للمياه ش ٣٧ فمن المحتمل اذا أقيم الخزان على الطبقة الصالحة التى لم يصل الثقب الا الى منسوبها أن يحدث نحر فى الطبقة الحاملة للماء والتى تليها فتحمل ذراتها مع المياه المتسربة تحت تأثير الضاغط المسبب عن

فرق توازن المياه المخزونة امام السد

ويترتب على ذلك هبوط الطبقة المعتبرة اساسا للخزان فينهار السد

الحالة العشرين — فلو كانت الثقوب عملت الى أعماق أكبر لكشفت عن الطبقة التى كانت سببا فى انهيار السد ولأمكن تفاديها والوصول الى طبقة اصلح للتأسيس عليها وربما كان ذلك على عمق صغير من المنسوب الذى انتهى عنده الثقب كما هو مبين بالشكل ٣٨



شكل ٣٨

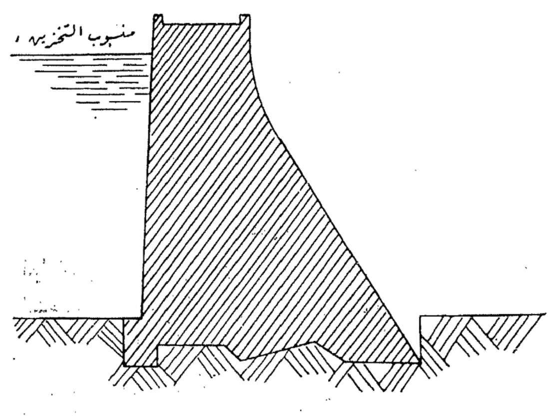
كيفية اعداد وتهيئة أساس الخزان

اذا كان الاساس من الصخور الصماء وسيحمل عليه خزان بنائى كبير الارتفاع فيجب ازالة جميع الصخور التالفة والضعيفة وتنظيف سطح الاساس بفرش من السلك والمياه تنظيفا تاما ثم تجفيف المياه المتخلفة عن ذلك ثم صب طبقة رقيقة من الاسمنت اللبانى فوق سطح الاساس وهذا يجعل كل مابقى من أجزاء مفككة يتماسك مع جسم الخزان ثم توضع طبقة من المونة نحو ٥ سم بنسبة ١ : ٢ قبل صب الخرسانة أو البناء فوق الاساس فاذا وجدت عروق من الصخور الضعيفة تتخلل الاساس فيجب ازالة هذه العروق لعمق كاف والاستعاضة عنها بخرسانة دسمة أو أسمنت لبانى واذا استعملت طرق النسف فتستعمل بكل احتراس حتى لا ينتج عن استعمالها قلقلة صخور الاساس

ولضمان متانة الاساس الصخرى يجب حقن الصخر بأسمنت لبانى مضغوط

لملء جميع الفجوات والشقوق التى يحتمل وجودها ويجب الاستفادة بثقوب الجس لنجاز هـذه العملية ويجب ملء الثقوب أولا بأول حتى لايتسرب الاسمنت اللبانى منها بدلا من تسربه فى طبقةالصخور لملء فجواتها ويستعمل أسمنت صافى لعملية الحقن الا اذا كانت الفجوات كبيرة فيستعمل أسمنت ورمل ويعقب ذلك استعمال أسمنت صافى ويجب تحديد ضغط الاسمنت حسب حالة الصخور التى يستعمل لها وقد أثبتت الخبرة أن عمل الحقن بالاسمنت يكون أفعل بعد صب أول طبقة من الخرسانة او بناء أول مدماك فان هذا ينشأ عنه جعل الاساس وجسم الخزان كتلة واحدة متماسكة ويجب تعشيق جسم الخزان فى الاساس بعمل خنـدق أو أكثر بطول الخزان فى الامام وملء هذه الخنادق بالخرسانة ش ٣٥

ويجب ان تعمـل الخنادق لأعماق تناسب حالة الاساس واذا خشى من انزلاق جسم الخزان فوق سطح الاساس فيدرج سطح الاساس لتعشيق جسم الخزان فيه كما هو مبين بالشكل ٣٩ وفى بعض حالات الصخور الضعيفة

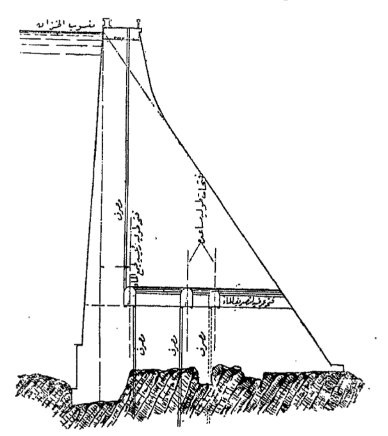


شكل ٣٩

يصير ربط الاساس فى جسم الخزان بواسطة اسياخ من الحديد توضع داخل

الثقوب ويصب ماحولها بالاسمنت اللبانى واذا خشى من نحر الصخور بفعل المياه خلف الخزان فيصير عمل وقاية من الخرسانة او من أى مادة متينة أو عمل وسادة من الماء Water Cushion ش ٣٤

وحيث ان فعل المياه بين أساس الخزان وجسمه يخل توازن الخزان ويجعله عرضة للانقلاب وذلك بتعويم جسم الخزان وتقليل ثقله بقوة رفع المياه له فيلزم الاحتياط لذلك بعمل فتحات بطول الخزان وعلى ابعاد من بعضها بالقرب من السطح الامامى للخزان ش ٤٠ وأعلا من منسوب سطح



شكل ٤٠

المياه الخلفى لصرف المياه من امام الخزان الى خلفه ويجب توصيل هذه الفتحات بثقوب (مصارف رأسية) داخل البناء الى الاساس لحمل المياه التى بين الاساس وجسم الخزان الى الفتحات وصرفها الى خلف الخزان

ومن الاحتياطات التى تعمل لغرض الوقاية من تعويم الخزان عمل فرش قاطع للماء امام الخزان أو عمل دفرة قاطعة للمياه امام الخزان شكل ٣٤ اوعمل الخزان على شكل قوس Arched Dams فى مسقطه الافقى

فاذا كان اساس الخزان من الحصا والرمال أو الرمال والطين فيجب ازالة الطبقة السطحية البالية والمتأثرة بالعوامل الجوية وكذا المواد النباتية ثم تعمل خنادق كالسابق بيانها فى حالة الاساسات الصخرية لتعشيق الخزان فى الاساس ولغرض منع الرشح ويصير ملئها بمواد مانعة للماء

فاذا ظهرت عيون فى الحفر فيصير تصريفها أوتحويلها خارج الاساس ويحسن تطويل خط الرشح بواسطة عمل فرش مانع للماء أمام الخزان اوعمل ستائر شكل ٣٤ حتى لا يتسبب عن قوة الرشح نحر حبات التربة من تحت الخزان ويحسب سمك هذا الفرش من قوة ضغط الماء الى أعلا وذلك من خط ضغوط المياه Hydraulic Gradient وتعمل نفس التحوطات السابق بيانها ضد الانزلاق والتعويم وفى حالة السدود الترابية قد تكون قوة تحمل التربة المستعملة أساسا كافية للغرض ولكن اذا كان السد بنائيا فيصير الاستعانة بخوازيق لتقوية التربة أو لاخذ جزء من الحمل الواقع عليها أو الحمل كله فاذا ظهر رشح اثناء الحفر فيصير رفعه بطلمبات من آبار تحفر خصيصا لهذا الغرض ويجب أن تكون الآبار لعمق يفى بغرض كسح المياه ويجب اختيار مواقع الآبار المناسبة وستتكلم باسهاب عن التخلص من مياه العيون والرشح فى الباب الخامس

الكبارى والقناطر

أما الكبارى وقناطر الموازنة والمصبات وما اليها فليس المهندس طليقا فى اختيار مواقعها بل هو مقيد بجملة عوامل تحددها له أغراض المواصلات البرية والملاحة والرى والصرف وعلى المهندس أن يوفق بين هذه الاغراض وبين صلاحية الموقع بقدر المستطاع فان تعذر فعليه معالجة الموقع اذا كان غير صالح بطرق التقوية والمحافظة المختلفة السابق شرحها واذا دعت الحال لتهذيب المجارى المائية من حيث الاطماء والنحر فعليه عمل الرءوس والسدود التى تناسب كل حالة وكذا حماية الجسور بما يناسب المقام

الباب الثانى

طرق جس وفحص التربة

يجب قبل البدء فى تصميم أى عمل هندسى اختبار نوع التربة بجس طبقاتها وعمل حفر اختبار فيها للحصول على عينات فى الأعماق المختلفة واختيار العمق الذى يقام عليه الاساس ويوجد ثلاث طرق لجس التربة والحصول على عينات منها

١ — الاختبار بالجس بقضيب او أنبوبة
٢ — الاختبار بعمل ثقوب Borings
٣ — الاختبار بعمل حفر Pits

الاختبار بالجس

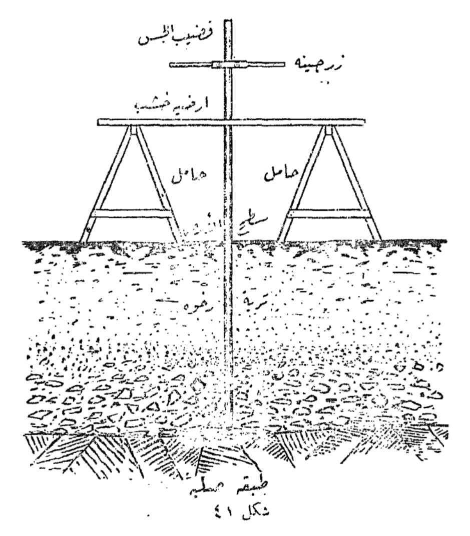
يستعمل عادة للأساسات القليلة الغور والثانوية الاهمية وهو اسهل الطرق للحصول على بيانات عن طبيعة التربة والعثور على الطبقات الصلبة التى تصلح للتأسيس اذا كانت هذه على عمق صغير من سطح الأرض وكان يعلوها طبقات رخوة

قضيب الجس

وتجس التربة عادة بقضيب Bar من الصلب محدد من طرفه الأسفل وقطره نحو ٣ سم وذلك بأن يدفع داخل الارض وينزع ثم يدفع ثانية وهكذا الى أن يصل الى طبقة صلبة واذا تعذر نزع القضيب ودفعه باليد قبل الوصول الى طبقة صلبة بسبب الاحتكاك فيصير الدق عليه بمطرقة وزنها من ٥ ك جـ الى ٦ ك جـ ويجهز بزرجينة لادارته Tiller or Clamp لتسهيل ادخاله فى الارض ثم نزعه

فاذا كان القضيب طويلا فيعمل نصب من الخشب Timber Staging مكون من حاملين وارضية فوقهما Platform لتسهيل عملية الدق فوق رأس

القضيب وكذا عملية ادارته بالزرجينة شكل ٤١



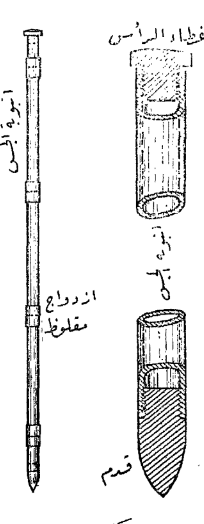
شكل ٤١

انابيب الجس

وقد يستعمل فى الجس أنابيب Tubes من الصلب قطرها الداخلى نحو ٣ سم ش ٤٢ بدلا من القضيب

فاذا اريد الجس لاعماق غايتها ٢ متر الى ٣ متر فيستعمل قضيب طوله من ٣ متر الى ٤ متر ويكون القضيب مقلوظاً عند رأسه لاطالة القضيب بوصلات من الصلب مقلوظة عند طرفيها وطول كل وصلة يتراوح من ١ر٠٠ متر الى ١ر٥ متر والوصلات لغرض الجس لاعماق أكبر

فاذا استعملت الأنابيب للجس فأن قدم الأنبوبة يجب ان يجهز بقطعة من الحديد الصلب المطروق تثبت فى القدم ببريمة أو ببرشام وكذا تجهز رأس الأنبوبة بغطاء من الصلب المطروق لحماية الرأس ش ٤٢ من ضربات



شكل ٤٢

المطرقة وحماية خيوط قلاووظات الوصلات ويحسن أيضاً تجهيز رأس القضيب بغطاء مماثل

ويمكن الجس بهذه الطريقة الى اعماق غايتها ١٢ متر ولا يتكاف الجس بهذه الطريقة كثيراً ولكن لا يمكن الوصول بواسطته الى معرفة أنواع الطبقات التى يخترقها وفقط يمكن الحكم على درجة صلابة كل طبقة من مقاومتها للاختراق

تمييز انواع التربة

ويمكن بواسطة هذه الطريقة تمييز الصخور الصماء حال الوصول اليها فان القضيب اذ ذاك يمتنع عن النزول ويدل على ذلك أيضاً صوت المطرقة وحركة ارتدادها وكذا ارتداد القضيب نفسه ويمكن الخبير أن يميز لدرجة ما نوع التربة التى يخترقها القضيب

العينات

أما اذا أريد الحصول على عينات من التربة فيزود القضيب عند قدمه بأنبوبة من الصلب فى نهايته السفلى بدلا من النهاية المحددة ويصير اخراج القضيب من حين لآخر للحصول على العينات أو تستعمل أنبوبة الجس السابق وصفها

وعند ما يصادف القضيب او الأنبوبة صخراً فى أحد مواقع الجس فللتأكد من وجود طبقة صخرية يصير عمل جسات فى مواقع اخرى حول هذا الموقع فاذا وجد أن الصخر ممتد وعلى منسوب واحد فى جملة جسات فهذا دليل على وجود طبقة صخرية والا فهى صخرة عارضة أو جلمود

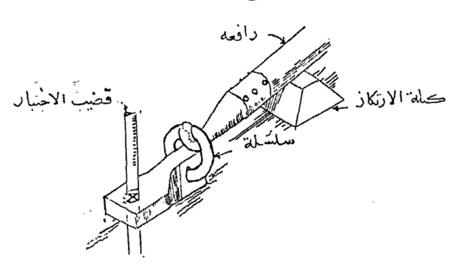
طريقة نزع القضيب

وتستعمل الزرجينة لاخراج القضيب فأن تعذر اخراجه بها فتستعمل

سلسلة صغيرة ورافعة Lever وكتلة لارتكاز الرافعة كما هـــو مبين بالشكل ٤٣

الجس تحت الماء

فاذا كانت الارض موضوع الاختبار تحت الماء كما هو الحـال فى اقواع الترع والمصارف والانهار فيمكن اجراء العمل من مركب أو عوامة ويجب أن يعرف منسوب سطح المياه للترعه أو النهر ويجس عمق المياه بواسطةقدة مقسمة لمعرفة منسوب القاع ويمد حبل من السلك المفتول « صاولة » مقسم الى مسافات بواسطة علامات من الرصاص لجس عمق الماء عند كل عـلامة ومن تلك الجسات يمكن عمـل قطاع عرضى للمجرى



شكل ٤٣

ثم تعمل مساحة للمنطقة لبيان مواقع الجس بالطرق المساحية التى تناسب الحالة واذا كان المجرى عريضا بحيث يتعذر مد حبل لجس عمق المـاء فيصير تحديد مواقع الجس بالسكستان أو الثيودوليت ثم تعمل مساقط أفقية من واقع المساحة التى عملت للمنطقـة يبين عليها مواقع الجس سواء فى اليابسة أو تحت المـاء

طريقة استعمال قضيب تحت الماء — توضع المركب فوق المـكان المـراد اختباره ثم يجس عمق المـاء ثم يدفع القضيب داخـل التربة فى الموقـع ذاته بواسطة رجل أو رجلين يدفعانه جمـلة مرات حتى يصل الى طبقة صلبـة ثم

يعرف طول القضيب الموجود تحت الماء ومن ذلك يمكن معرفة عمق الطبقة التي صار الوصول اليها أما درجة صلابتها فيمكن تمييزها من سلوك القضيب اثناء دفعه ويمكن استعمال القضبان لاختبار التربة تحت الماء لغاية عمق ١٠ أمتار

وتعمل قطاعات لمواقع الجس يبين عليها مناسيب الصخور الصماء والطبقات الأخرى التي يمكن تمييزها من العينات وتنمر مواقع الجس لتمييزها

تدوين البيانات — ثم يعمل كشف لبيان النتائج التي صار الحصول عليها يشتمل على ستة خانات تملأ بالبيانات الآتية نمرة موقع الجس ومنسوب الطبقة وطول القضيب وعمق الطبقة تحت سطح الارض وطبيعة المواد المركبة منها الطبقة ثم ملحوظات المهندس

الثقب

طريقة الثقب يمكن تقسيمها الى ثلاثة اقسام حسب قوام التربة وصلابتها

أولا — قطع وتكسير التربة بواسطة مثاقب Augers وكواسير Bits مختلفة الاشـــكال

ثانيا — كسح التربة باستعمال ماء دافق من نافورة موصلة الى طلمبة

ثالثا — بالمثـاقب الدوارة Rotary Drills

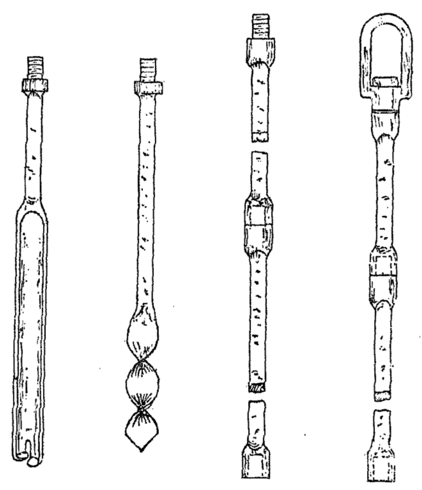
وقد يستدعى العمل استعمال احدى الوسائل لعمق معين ثم استعمال وسيلة أخرى حسب تغير طبيعة التربة

الوصلات — وكل من آلات القطع والتكسير والمثاقب الدوارة له اطوال معينة فاذا اريد الثقب الى أعماق أكبر من أطوالها فيصير وصلها بوصلات ويبدأ بالثقب فى التربة دون استعمال غلاف الى العمق الذى يمكن للتربة أن تبقى معه متماسكة دون سندها وذلك يتوقف على قوام التربة ومقدار المياه التى بها ثم يستعمل غلاف من الحديد لسند جوانب التربة والثقب من داخله

والغلاف — عبارة عن مواسير توصل ببعضها بقلاووظات وفيما يلى شرح باسهاب للاقسام الثلاثة السابق بيانها

الثقب بالمثاقب والكواسير

أولا — المثقب Auger كالمبين فى الشكل ٤٤ وهو عبارة عن اسطوانة مفرغة ومفتوحة من أسفلها ومن أحد جوانبها واستعمالها قاصر على أنواع الطينة الجامدة المتماسكة والتربة المشابهة لها والتى تلصق بفراغ المثقب



القضيب المتصل بالحلقه — قضيب الوصلات — المثقب البريمى — المثقب

شكل ٤٧ — شكل ٤٦ — شكل ٤٥ — شكل ٤٤

والمثقب مصنوع من الصلب والنهاية العليا لاسطوانة المثقب يتصل بها قضيب بواسطة برشام أو بواسطة لحامه فيها وهذا القضيب يكون مستديراً او مربعا عند نهايته العليا ومقلوظ لوصله بوصلات من القضبان لاطالته عند ما يراد الثقب لاعماق تستدعى طولا أكبر من طول المثقب

المثقب البريمى — وقد يستعمل المثقب البريمى ش ٤٥ «مثقب النجار العادى» بعد لحامه بقضيب من الصلب او قطعة ماسورة وعمل مقبض له على شكل T

وللثقب القليل الغور تستعمل مثاقب من طول ٩٠ سم وللثقب البعيد الغور تستعمل مثاقب من طول ١٥٠ سم وتستعمل المثاقب البريمية للثقب فى الارض الرملية المندمجة أو فى الأرض المركبة من رمل وحصا

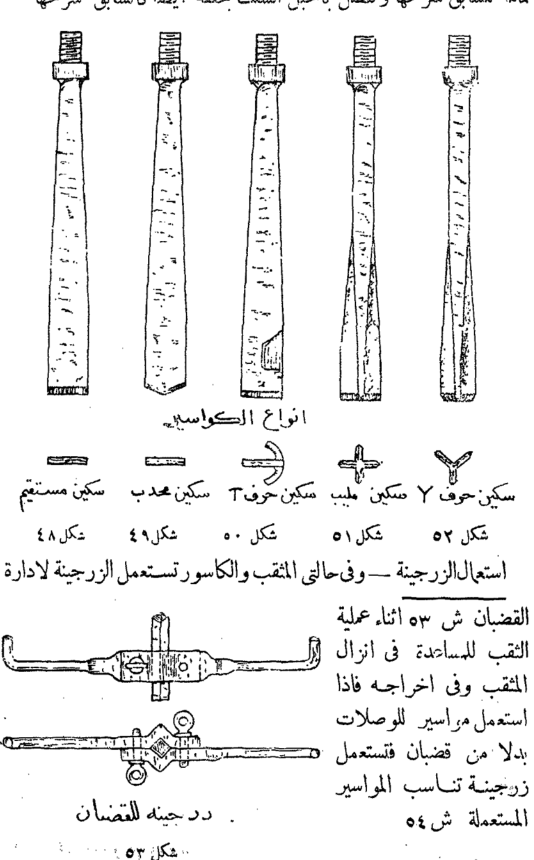
قضبان الوصلات — أما القضبان المستعملة للوصلات فتعمل من الحديد المطروق أو الصلب الطرى وقطاعها مربع ضلعه ١" للاعماق الصغيرة و ١ $\frac{1}{4}$" للاعماق الكبيرة

وتختلف أطوالها من ٤٥ سم الى ٩٠ سم للاعماق الصغيرة ومن ١٫٥٠ م الى ٣٫٠٠م للاعماق الكبيرة ويجهز احد طرفى القضيب بجلبة مقلوظة والطرف الآخر من القضيب مقلوظ وله جلبة ذات قطاع أكبر من قطاعة Bearing Collar شكل ٤٦ ويجب ان تكون كل قضبان الوصلات المستعملة فى عمل واحد من مقاس واحد وشكل واحد حتى لا يحدث ارتباك عند تركيبها وحتى يسهل معرفة العمق الذى عمل الثقب لغايته فى اى لحظة بعد الوصلات فقط وفى الاعماق الكبيرة يستعمل نصب من الخشب أو الحديد بمر سلك من الحديد عند أعلاه على بكرة تتصل بالايدى العامله أو بآلة رافعة Winch يدار بالايدى أو بالقوى المحركة وعادة البخار

ويستعمل قضيب مجهز عند رأسه بحلقة Swivel لوصل المثقب والوصلات المتصلة به الى الحبل المتصل بالآلة الرافعة شكل ٤٧ ويبدأ العمل أولا كما فى الاعماق الصغيرة وعندما يزيد العمق ويصبح طول القضيب ووصلاته مما يصعب تشغيله بالايدى وحدها يوضع النصب ويستعان به وبالآلات الرافعة اذا دعت الضرورة

الكاسور Bit — يصنع من الصلب وطوله ٤٥ سم وعرضه من ٥ الى ٧٫٥ سم وهو على جملة أشكال كالمبينة بالرسومات اما الكاسور ذو السكين المستقيم ش ٤٨ فيستعمل فى طبقات التربة المفككة ويستعمل الكاسور ذو السكين المحدب شكل ٤٩ للتربة الاكثر صلابة ويستعمل الكاسور الذى سكينه T شكل ٥٠ فى الصخور الصماء ويستعمل الكاسور الذى سكينه صايب شكل ٥١ والذى سكينة Y شكل ٥٢ فى الصخور الصماء التى بها فواصل وشقوق كثيرة لأنه

لايخشى ان تنساب فى الشقوق أثناء استعمالها و بذلك يضمن المهندس استقامة ثقبه
وكل انواع الكواسير مقلوظة عند رؤوسها و توصل بواسطة قضبان مماثلة تماما للسابق شرحها و تتصل بالحبل السلك بحلقة ايضا كالسابق شرحها



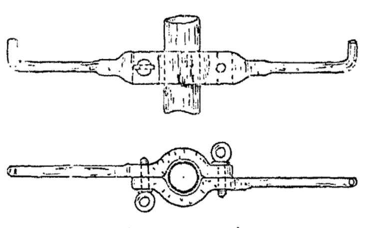
انواع الكواسير

شكل ٥٢ — شكل ٥١ — شكل ٥٠ — شكل ٤٩ — شكل ٤٨

استعمال الزرجينة — وفى حالتى المثقب والكاسور تستعمل الزرجينة لادارة القضبان ش ٥٣ اثناء عملية الثقب للمساعدة فى انزال المثقب وفى اخراجه فاذا استعمل مواسير للوصلات بدلا من قضبان فتستعمل زرجينة تناسب المواسير المستعملة ش ٥٤

زرجينه للقضبان

شكل ٥٣

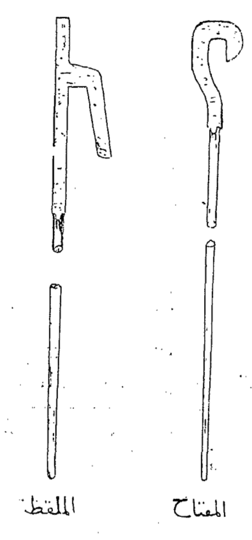


زرجينه للمواسير

شكل ٥٤

طريقة فك الوصلات وربطها

وعند مايرادفك أو ربط الوصلات تمسك القضبان المتصلة بالمثقب والموجودة داخل الثقب بالمقط ش ٥٥ Nipping Fork الذى يستند على الغلاف ثم يستعمل المفتاح Key ش ٥٦ فى فك أو ربط الوصلات واذا كان عدد القضبان الذى يراد فكه أو ربطه كبيرا فيستعمل المعلاق Lifting Dog ش ٥٧ وذلك بأن توضع القضبان بحيث تكون رأس الوصلة القريبة من أعلا الغلاف بين شعبتى المعلاق ثم يفك الحبل من الوصلات ويربط فى عين المعلاق كما هو موضح بالرسم



المقط — المفتاح

شكل ٥٥ — شكل ٥٦

الغلاف — ومتى وصل الثقب الى عمق تفقد التربة عنده خاصية تماسكها ويخشى من انهيارها فيجب ادخال غلاف فى الثقب لسند جوانبه

والغلاف مصنوع عادة من الصلب وهو مكون من قطع من المواسير

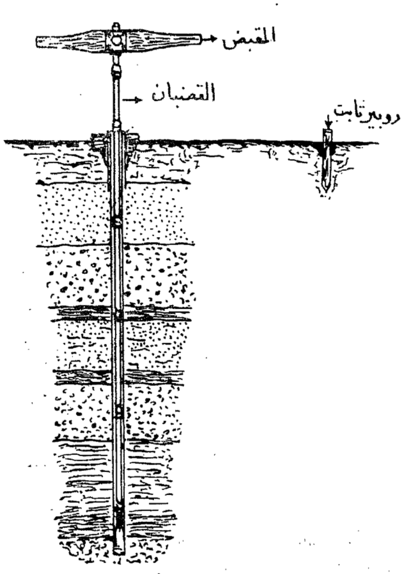
توصل بعضها بقلاووظات ش ٦٣ وفى الاعماق الصغيرة والحالات التى لا يستدعى العمل فيها دقا شديدا على الغلاف تستعمل مواسير قطرها الخارجى من ٣" الى ٤" وسمك الحديد من ١/٨" الى ٣/١٦" واطوال القطع من ٣' الى ١٠'

المعلاق

شكل ٥٧

طريقة انزال الغلاف

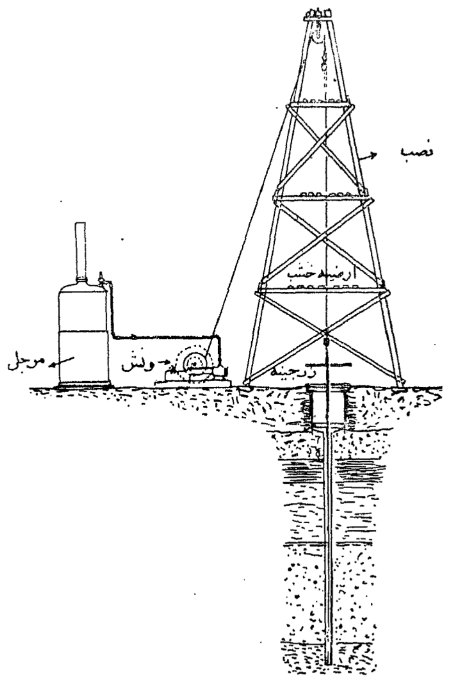
وطريقة انزال الغلاف هى أن تدار المواسير بواسطة الزرجينة فان تعذر ذلك فبواسطة الدق على رأس الغلاف بمطرقة وفى هذه الحالة يجب ان تجهز الوصلة السفلى بقدم محدد على شكل سكين لسهولة تغويص الغلاف وكذا تجهز رأس



طريقة الثقب بالكواسير بواسطة اليد

شكل ٥٨

الماسورة العليا بغطاء لحماية خيوط القلاووظات من تأثير ضربات المطرقة وقد يحمل الغلاف باحمال للمساعدة فى تغويصه

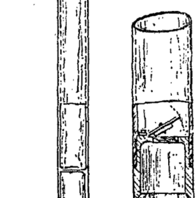


طريقة الثقب بالكواسير بواسطة الآلات

شكل ٥٩.

ويستعمل عادة نصب من الخشب Head Gear or Derrick كما سبق ان بينا والنصب — يكون عبارة عن رجل ذات ثلاث شعب فى الاعماق الصغيرة اما فى الاعماق الاكبر فقد يكون مكونا من اربعة قوائم على شكل برج

ويجهز النصب عند قمته ببكرة تتصل بآلة رافعة بواسطة حبل من السلك لتعاليق أدوات الثقب به ومن المفيد أن يكون ارتفاع النصب كبيراً لامكان فك عدد كبير من الوصلات دفعة واحدة بدلا من فكها وصلة وصلة اذا كان ارتفاع النصب صغيرا ويجهز البرج بجملة ارضيات من الخشب Platforms (مشايات) على مناسيب مختلفة ليقف عليها العمال ويساعدون فى سند القضبان ومناولتها أثناء فكها وربطها ومن فوائد النصب العالى أن يوفر كثيراً من الوقت فى عملية فك وربط القضبان لانه يمكن معه فك القضبان أو ربطها على دفعات أقل فى العدد



صمام ماصة الحمأة — شكل ٦٠

ماصة الحمأة — شكل ٦١

غلاف المثقب — شكل ٦٢

ماسورة الغلاف — شكل ٦٣

عملية الثقب

الشرح السابق كان خاصا بالاجهزة والادوات المستعملة فى الثقب بالمثاقب والكواسير وفيما يلى سنشرح عملية الثقب نفسها باسهاب كاف

وللبدء فى عمل ثقب ينصب أولا نصب كالسابق شرحه فوق الموقع المراد

ثقبه تمـاما ثم يبدأ بدق الغلاف ان كانت التربة السطحية مفككة ويخشى من انهيارها داخل الثقب

وقد تعمل حفرة عمقها من متر الى مترين وتشدجوانبها بالخشب قبل البدء باستعمال الكاسور وهذا يساعد فى ايجاد فراغ أكبر بين أعلا الثقب ورأس النصب ثم يبدأ بربط الكاسور واحدى الوصلات بحبل الونش ثم تضاف الوصلات على دفع ويصير انزال الكاسور بواسطة الونش الى سطح التربه ثم يبدأ الثقب

الثقب بواسطة الايدى

فان كان الثقب بواسطة الايدى العاملة فيركب مقبض ذو شكل خاص شكل (١٥٨) لرأس القضيب فتتناوله أيدى الرجال ويصـير رفع الكاسور لمسافة ٣٠ الى ٥٠ سم ثم تركه ليسقط ثم يتناوله الرجال ويحركونه حركة دورانية وكلما زاد عمق الثقب واريد اضافة وصلات اخرى يصير تعليق القضبان من رأس اقرب وصلة بواسطة الملقط ثم فك المقبض واضافة الوصلات المراد اضافتها

المقبض

شكل ١٥٨

الثقب بواسطة القوى المحركة

وفى حالة استعمال القوى المحركة بدلا من الرجال فلا يستعمل المقبض ويستعاض عنه بالقضيب ذو الحلقة **Swivel** الذى يوصل عادة بخطاف حبل الآلة الرافعة وفى هـذه الحالة يكون رفع القضبان وانزالها بواسطة الآلة الرافعة وعند ما يصل الكاسور الى التربة يصير ادارته بمعرفة الرجال بواسطة الزرجينة ش ٥٩ وفى هذه الحالة اذا أريد اضافة قضبان فيصير تعليق القضبان بواسطة الملقط أو المعلاق وفك القضيب ذو الحلقة ثم ربط القضبان المراد اضافتها

ضرورة الكشف على الكاسور

ويجب من حين لآخر اختبار حالة الكاسور المستعمل وتغييره عند الاقتضاء لانه كثيرا ما يحدث تآكل بالسكينة قد يتسبب عنه صغر قطر الثقب

تنظيف الثقب

وعند ماتوجد صعوبة فى تحريك القضبان داخل الثقب بسبب تراكم فتات التربة وكذا اذا أريد الحصول على عينة من التربة يجب تنظيف الثقب من الفتات الذى به ويكون ذلك بواسطة (ماصة الحمأة) شكل ٦٠ ، شكل ٦١ أو بما يسمى (غلاف المثقب) شكل ٦٢

(ماصة الحمأة) - عبارة عن أنبوبة قصيرة مفتوحة من أعلا ولها صمام مركب بمفصلات Hinges عند أسفلها كما هو مبين بالشكل ٦٠ وهذا الصمام يفتح ويقفل من تلقاء نفسه عند تشغيل الماصة ويتصل بأعلا الماصة قضيب قصير له شعبتان مبرشمتان فى قمة الماصة والقضيب مقلوظ من أعلاه لامكان وصله بوصلات القضبان فعند ماتصدم الماصة التربة التى بقاع الثقب يفتح الصمام ويدخل الى الانبوبة الفتات الذى بالثقب ثم يقفل الصمام وعند رفع الماصة يبقى الصمام مقفلا

الحصول على العينات

وللحصول على الفتات الذى بداخلها يصير قلبها Overturning وسكب مابداخلها من الفتحة التى بأعلاها وتستعمل فى التربة المشبعة بالماء

واذا اريد استعمالها لمص فتات تربة جافة فيصير سكب ماء فى الثقب ويجب أن لا يبالغ فى مقدار الماء المنسكب بل يكون بالقدر الذى تستدعيه الحالة

وفى الحالات التى يستعمل فيها سكب الماء لتسهيل عمل الكواسير فلان فتات التربة اذ ذاك يكون مختلطا بالماء تستعمل ماصة الحمأة للحصول على الفتات الذى بداخل الثقب

وتشغل ماصة الحمأة بأن ترفع ثم تترك لتسقط فى الثقب ثم تدار بالمقبض أو الزرجينة عند ماتصل الى قاع الثقب

غلاف المثقب

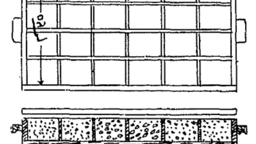
ويستعمل لنفس الغرض غلاف المثقب Auger Shell وهو عبارة عن أنبوبة مشقوقة عند أسفلها وتشغل بنفس الطريقة التى تشغل بها ماصة الحمأة ويصير تفريغ التربة من شباك فى أعلاه كما هو مبين بالشكل ٦٢ وتستعمل نفس الطرق السابق شرحها لزيادة عدد القضبان أو لفكها

صندوق العينات

وعند الحصول على التربة التى بداخل الماصة أو الغلاف يصير وضعها فى صندوق خاص كعينة من التربة والصندوق مبين بالشكل ش ٦٤

طريقة استعمال المثقب

اما المثقب نفسه فطريقة تشغيله هى أن يرفع ثم يسقط داخل الثقب ثم يدار بالمقبض او الزرجينه الى أن يغوص بكامل طوله فى التربة ثم يرفع وتؤخذ التربة التى بداخله كعينة



صندوق للعينات
شكل ٦٤

فاذا ظهرت عقبات فى طريق الثقب كجلمود او صخرة طارئة أو جذوع اشجار او خلافه فيجب العمل على اختراقها والتخلص منها بمثابرة وعناد فان تعذر ذلك والتبس الامر على المهندس بأن ظنها طبقة صخرية صماء فعليه ان يترك هذا الثقب ويقوم بعمل ثقوب اخرى بالقرب منه للتأكد من نوع العقبة التى صادفته

واذا كان الثقب داخل غلاف فيمكن للمهندس ان يتخلص من العقبة اذا ثبت له أنها ليست طبقة صخرية بواسطة المواد الناسفه Dynamite اما إذا كان الثقب بغير غلاف فعليه ان يتأكد قبل استعمال المواد الناسفة ان استعمالها لا ينشأ عنه انهيار الثقب

استعمال الكواسير

وطريقة استعمال الكواسير مماثلة تماما لطريقة استعمال المثقب

ويجب ان يكون المهندس حريصا فى الحصول على عينات عند كل تغيير فى طبقات التربة واذا رأى كشف الحالة بوضوح تام فعليه أن يأخذ أكثر من عينة واحدة لكل طبقة

ويمكن للخبير أن يشعر بكل تغيير فى الطبقات من حركة الكاسور وصوته ويجب ان يكون المهندس لبقا فى اختيار العينات فلا يشغل نفسه بأخذ كل ما يخرجه من الثقب

وصف صندوق العينات — ثم توضع العينات التى ينتخبها المهندس داخل صندوق العينات السابق ذكره وهذا يكون عادة من خشب ابعاده نحو ٧٠ سم × ٣٥ سم ومن سمك نحو ١٫٥ سم وله غطاء بنفس الابعاد والصندوق مقسم الى جيوب لوضع العينات فيها ومجهز بيدين لرفعه منهما ويصير وضع قطع من الورق Labels على جوانب الصندوق أو على الفواصل التى بين الجيوب أو فى السطح الاسفل للغطاء كل ورقة تشير الى العينة التى تمثلها وبها وصف تام لهذه العينة والعمق الذى وجدت عليه ويجب أن تكون الكتابة ظاهرة لا تمحى حتى يرجع اليها عند كل مناسبة

عمل مسقط أفقى وقطاعات ورصد البيانات

ويجب بيان مواقع الثقوب على مسقط أفقى وتنمير الثقوب وكذا تعمل قطاعات للثقوب تبين نوع الطبقات ومناسيبها

ويعمل كشف كالسابق بيانه فى حالة الاختبار بالجس بقضيب ويشمل نفس الخانات السابق شرحها ما عدا خانة طول القضيب فأنها تهمل

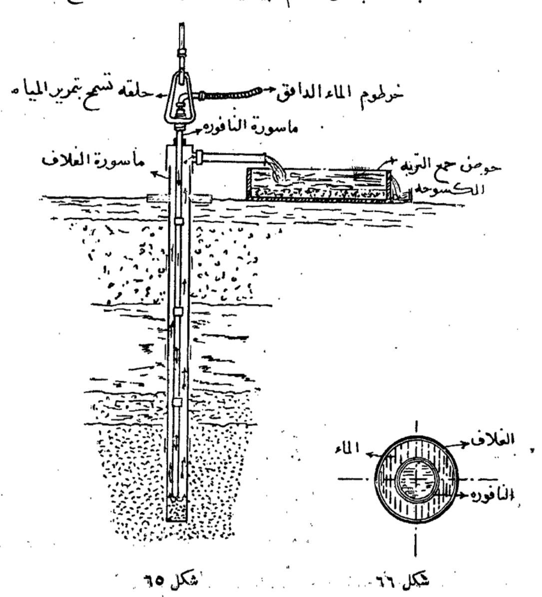
الثقب بواسطة كسح التربة

هذه الطريقة ليست باهظة التكاليف خصوصا اذا كانت طبقات التربة التى تعلو الصخور الصماء من الانواع السهلة المفككة كالطمى والطين والرمال والحصا وتستعمل عادة لاعماق غايتها نحو ٣٥ متراً

فاذا صادف الثقب بهذه الطريقة مواداً يتعذر كسحها بالماء الدافق كالحصا

الغليظ والجلاميد والصخور فيلزم استعمال الكواسير أو المثاقب الدوارة.
والاجهزة والادوات اللازمة لكسح التربة تتكون من ماسورة قطرها ١" او ٢" تسمى النافورة وتتصل بخرطوم Hose الى طلمبة لنقل ماء دافق تحت ضغط كبير من الطلمبة الى الثقب داخل غلاف من الصلب ذى قطر أكبر من قطر النافورة حتى يتسنى للتربة المكسوحة ان تجد فراغا وكذا الماء الراجع للخروج منه الى أعلا الغلاف بين ماسورة النافورة وجسم الغلاف ش ٦٥ وش ٦٦ وللاعماق الصغيرة تستعمل طلمبة يد ونافورة من قطر ١" وغلاف من قطر ٣" وذلك اذا كانت التربة ذات حبات من حجم صغير

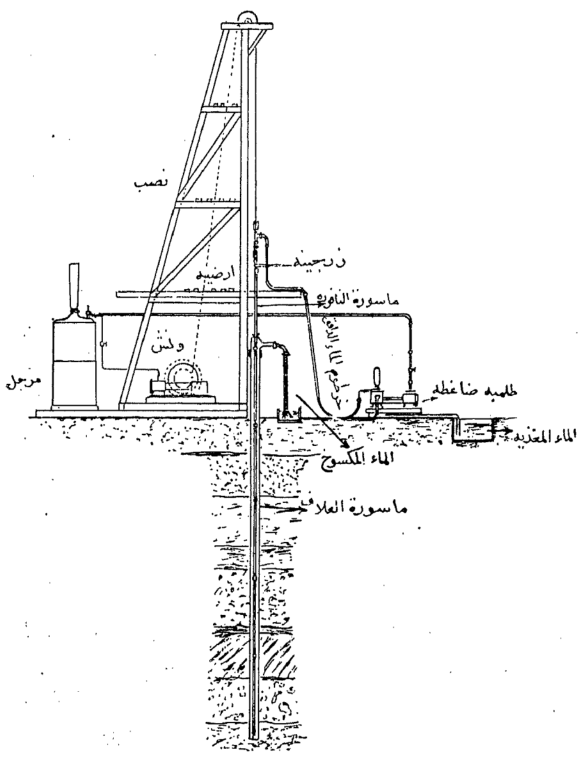
فاذا كانت حبات التربة من حجم كبير يتعذر مرورها من الفراغ الموجود



شكل ٦٥

شكل ٦٦

بين النافورة والغلاف مع الابعاد السابقة وكذا اذا كانت التربة مندمجة الحبات كالحصا المتماسك والطين المندمج المتماسك Compact فتستعمل طلمبة تدار بالقوى المحركة ويكون تصرفها من ١٠٠ الى ٣٠٠ جالون فى الدقيقة



طريقه الثقب بواسطة كسح التربه بالماء الدافق

شكل ٦٧

تحت ضغط من ١٠٠ الى ٢٠٠ رطل على البوصة المربعة

ويستعمل نصب وآلة رافعة كالسابق شرحهما فى حالة الثقب بالكاسور أو المثقب لمناولة الغلاف ودقه اذا استدعى الحال ولتعليق النافورة ايضا ويتصل الخرطوم بالنافورة بواسطة حلقة تسمح بتمرير المياه منها Water Swivel كالمبينة بالشكل ٦٥

طريقة العمل

ويبدأ العمل بدق الغلاف دقا خفيفا ثم توضع النافورة بداخل الغلاف ثم تضغط المياه فكل فراغ يحدث تحت قدم الغلاف بسبب كسح التربة الى اعلا ينشأ عنه تغويص الغلاف تحت تأثير ثقله وقد تستعمل الزرجينة للمساعدة فى تغويص الغلاف اثناء عملية الكسح

فاذا وجدت صعوبة فى انزال الغلاف فيصير الدق عليه بمطرقة ثقيلة من الخشب وكلما غاص الغلاف يضاف اليه وصلات اخرى ويجب ملاحظة جعل النافورة تحت قدم الغلاف دائما لتكسح التربة من تحته اذا سمحت حالة التربة بأن يكون قوامها متماسكا ولا تحوى مياها كثيرة كالطين مثلا اما اذا كانت التربة من الرمال والحصا الغير متماسك فلا يمكن فى هذه الحالة أن تسبق النافورة قدم الغلاف بل يجب ان يكون قدم الغلاف تحت النافورة حتى لا تنساب المياه الى هذه الطبقات فيمتنع كسح التربة التى فى الثقب وذلك اذا سمح للنافورة ان تسبق الغلاف وبذا تنكشف مثل هذه الطبقات

فاذا صادف الثقب جلاميدا كبيرة او صخورا طارئة او عوائق اخرى فيصير معالجتها بالمثابرة على استعمال الماء الدافق والزرجينة فان وفق المهندس فيها والا فعليه ان يستعين بالكواسير او المواد الناسفة للتخلص من العقبة

طريقة اخذ العينات

وطريقة أخذ عينات فى حالة الكسح هى بجمع الماء الراجع وما يحمل معه من تربة فى حوض مجهز بباب Sluice Door ش ٦٥ لغرض تفريغه وتنظيفه

فعند العمق الذى يراد اخذ عينة من التربة تدار الفوهة المتصلة بالغلاف عند اعلاه لخروج الماء الراجع منها بحيث تصب الماء الراجع فى حوض العينات ويأخذ المهندس من الماء الراجع والتربة القدر الذى يكفى لأن يكوّن عينة ثم تدار الفوهة بعيداً عن الحوض وبعد ان ترسب المواد المعلقة فى الماء الذى بالحوض يصير جمعها وفحصها وتوضع العينات فى صندوق العينات السابق وصفه

ولما كانت العينات التى يحصل عليها بهذه الوسيلة لا تفى بالغرض المطلوب دائما فيحسن الحصول على العينات بواسطة (ماصة الحمأة) عند الاعماق التى يراد اخذ العينات منها وعمق الطبقات يعرف عادة من طول النافورة الذى بداخل الغلاف

رصد البيانات — ثم يعمل كشف بالبيانات التى يحصل عليها كالكشف السابق فى حالة الكواسير تماما

عمل مسقط وقطاعات

ويعمل المسقط الافقى والقطاعات السابق بيانها

وقد يستعمل الثقب بطريقة الكسح لعمق ما ثم يستدعى العمل استعمال الكواسير أو المثاقب اذا كانت طبيعة الأرض تتطلب ذلك فيصير اخراج النافوره واستعمال الكواسير وقد يستدعى الحال اعادة استعمال طريقة الكسح

وفى هذه الحالة أيضا يصير أخذ العينات وعمل كشوف البيانات ورسم المساقط الافقيه والقطاعات كالسابق تماما

المثاقب الدوارة

طريقة المثاقب الدوارة مبنية على الحركة الدورانية لاداة حادة مستديرة تسمى التاج Crown ومفرغة من وسطها لتلقى عينات طبقات الارض بهذا الفراغ

وتختلف هذه الطريقة عن طريقة الكواسير فى أنها لا تسحق الارض

ولكن تخترق التربة بطريقة الطحن Grinding حول جزء اسطوانى من التربة يبقى سليما ويرفع داخل اسطوانة خاصه «قالب» لاخراجه كعينة لمعرفة نوع الطبقات وتتابعها بحالة واضحة

وتكون العينة على شكل القالب Core وهذه الطريقة لا تصلح الا فى الارض المتماسكة والصلبة القوام كالصخور الصماء أو ما يماثلها

وفى الثقب على الاعماق الكبيرة فى الصخور فهى أنسب وأوفر الطرق

ويجب ملاحظة سكب الماء دائما على التاج الذى يقوم بقطع العينة ويستعمل فى هذه الطريقة نوعان من الآلات

١ — الآلة ذات التاج الماسى Diamond Crown

٢ — الآلة ذات التاج المصنوع من الصلب Steel Crown وهو على جملة أشكال والنوع الاول أغلا فى الثمن من النوع الثانى

الآلة ذات التاج الماسى — مجهزة بالادوات الآتية والمبينة فى الشكل ٦٨.

ت — التاج الماسى وهو متصل بقضبان مفرغة مرموزلها بالحرف « ن »

م — المثقب Drill وتمر منه القضبان المفرغة داخل انبوبة « ج » تشغل بواسطة تعشيقة مسننة (ع) Bevel Gearing - وبواسطة جلبه رابطة chuck « د » يمكن ربط الانبوبة ج مع القضبان المفرغة وجعلهما يدوران معا كجسم واحد وبذلك ينقلان هذه الحركة الدورانية الى التاج

وأما دفع التاج داخل الارض فيكون بواسطة الاسطوانة المفرغة والمجهزة بتعشيقة دافعة خاصة Feed Gear

فعند ما تدار الآلة يخترق التاج الارض وينشأ عن ذلك قطع جزء اسطوانى من طبقات الارض يكون ذا قطر أصغر قليلا من القطر الداخلى للتاج

وهذه القطعة الاسطوانية من التربة تدخل اسطوانة خاصة بها تكوّن جزءاً من القضبان المفرغة وبذلك يمكن استخراج العينة

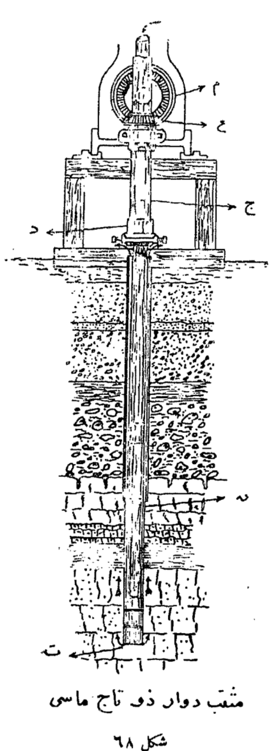
والاسطوانة التى تتلقى العينة تسمى القالب او (اسطوانة العينة) Core Barrel.

ويجب سكب ماء من طلمبة اذا كان العمل فى صخور صماء لغرض كسح الفتات الذى حول الثقب ولتنظيف التاج فيتسرب الماء بعد عملية التنظيف فى الفراغ الموجود بين القضبان والثقب

فأذا كان الثقب سيخترق فى الجزء الاعلا طبقات قوامها ضعيف فيجب انزال غلاف فى هذا الجزء من ارتفاع الثقب بواسطة الدق بمطرقة او بواسطة النافورة

وفيما يلى سنشرح كل قطعة من قطع الآلة على حدة تفصيلا وكذا باقى الاجهزة اللازمة للعملية ووظيفة كل منها

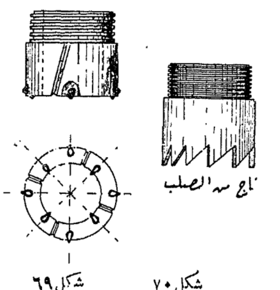
التاج — هو اهم اجزاء الآلة وهو عبارة عن اسطوانة من الصلب ويكون فى النهاية السفلى من القضبان وقطره أصغر قليلا من قطر الثقب المراد عمله ومتصل بغلاف العينة Core Shell بقلاووظ شكل ٦٩ والتاج الماسى مجهز بقطع من الماس فى نهايته السفلى الغرض منها طحن الارض وقطع اسطوانة منها



مثقب دوار ذو تاج ماسى

شكل ٦٨

وهذه الماسات تسمى بالماسات السوداء ولونها اما أسود أو أخضر أو أسمر ويختلف حجمها فى الطبيعة من قطع صغيرة الى ٥٠٠ قيراط وهى صلبة ومتينة والقطع المعتاد استعمالها فى التاج يكون حجمها من قيراط الى أربعة قراريط وعددها ثمانية يوضع أربعة منها فى الحافة الداخلية للتاج والاربعة الاخرى فى الحافة الخارجية وتبرز قطع الماس قليلا عن

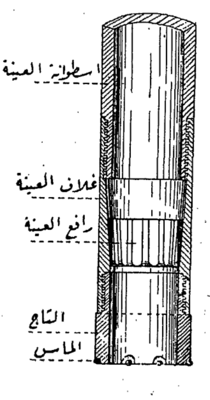


شكل ٧٠ شكل ٦٩

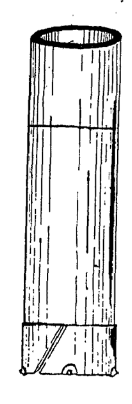
سطح التاج لتكوين الفراغ اللازم لمرور المياه بين التاج والصخور وتعمل مجارى للمياه فى المسافات التى بين الماسات Water Grooves على النهاية السفلى للتاج وكذا فى سطحيه الداخلى والخارجى كما هو مبين بالشكل ٦٩ لغرض السماح للماء الدافق من الطلمبة بعمل دورته لتبريد التاج أثناء العمل.

والشكلين ٧١ و٧٢ يبينان الاجزاء الخاصة بتلقى العينة ورفعها فشكل ٧١ يبين قطاعا فيها وشكل ٧٢ يبين واجهة

غلاف العينة — Core Shell عبارة عن ماسورة رقيقة من الصلب مقلوظة وتكون فوق التاج مباشرة ومخروطية الشكل من الداخل ومتصل بها من أعلا اسطوانة العينة Core Barrel بواسطة قلاووظ ش ٧٣

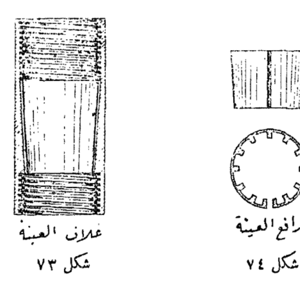


شكل ٧١



شكل ٧٢

رافع العينة — يستعمل لمسك العينة والمحافظة عليها أثناء رفعها من الثقب وهو عبارة عن حلقة من الصلب الرقيق مشقوقة كالمبين بالرسم ش ٧٤ وشكلها



شكل ٧٣ شكل ٧٤

كالمخروط الناقص ومحفور على سطحها مجارى للسماح بمرور المياه

وفى أثناء عملية الثقب يدفع رافع العينة الى أعلا بتأثير دفع العينة له ويدخل الرافع بذلك فى الجزء الاعلا والمتسع من غلاف العينة ولا يلبث أن يرفع حتى ينزلق ثانية الى أسفل بفعل ثقل العينة والدفع الى أسفل الناشىء على القضبان عنـــد ذلك يمسك الرافع بنهايته السفلى الضيقة على العينة باحكام ويتسبب عن ذلك قطع العينة تحت أسفل الرافع مباشرة ثم ترفع القضبان ويبقى الرافع قابضا على العينة أثناء الرفع

القالب أو اسطوانة العينة — Core Barrel عبارة عن اسطوانة مفرغة من الصلب متصلة مباشرة بغلاف العينه بواسطة قلاووظ وطولها عادة نحو ٣٫٠٠ امتار ومتصلة عند اعلاها بازدواج مفرغ Hollow Coupling مع القضبان وفى اثناء عمليـة الثقب تدخل العينة الى الاسطوانة وبعد رفع القضبان يمكن فك الاسطوانة من القضبان والحصول على العينة التى بداخلها ويكون قطر



شكل ٧٥ شكل ٧٦ شكل ٧٧

كواسير مفرغه
شكل ٧٨

العينة عادة اصغر من قطر الاسطوانة وذلك نظرا لأن المحيط الموضوعة عليه الماسات اصغر من المحيط الداخلى للاسطوانة

القضبان — عبارة عن انابيب مفرغة مصنوعة من الصلب تختلف أطوالها من ١٫٥م الى ٣٫٠٠ متر وتتصل ببعضها بازدواجات مفرغة كما هو مبين بالاشكال ٧٥ و٧٦ و ٧٧

وقد يصادف المهندس عقبات اثناء دق الغلاف فى التربة الرخوه فلذلك تجهز الآلة بكواسير مفرغة كالمبين اشكالها بالرسم ٧٨ لتسمح للماء الدافق ليساعدها فى عملية التكسير والتخلص من العقبات

سداد الرفع

Lifting Swivel or Hoisting plug.

يستعمل لتعليق القضبان اثناء عملية الرفع أو الانزال وهو عبارة عن قضيب قصير قطاعه سداسى ومقلوظ عند أسفله ومجهز فى اعلاه بحلقة من الصلب لتوضع فى خطاف حبل الونش شكل ٧٩

حلقة الماء — Water Swivel تستعمل لوصل خرطوم الطلمبة الى القضبان ومجهزه بمزنقة Gland محكمة لا ينفذ منها الماء

ويسمح معهاللقضبان بأن تدور بينما تكون الحلقةوالخرطوم فى حالة سكون وتتصل حلقة المـاء باعلا القضبان

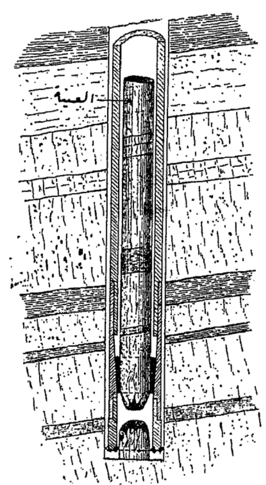
مساك الامن – Safety Clamp يمسك القضبان من تلقاء نفسه ويحمل ثقل القضبان عند تعليقها وهو مكون من فكين قويين من الصلب ضمن اطار من الحديد وموضوعين بحيث يفتحان تحت تأثير الدفع الى أعلا بواسطة القضبان ويقفلان تحت تأثير الشد الى اسفل وعند تركيبه فى القضبان يشتغل من تلقاء نفسه ويؤمن معه عدم حدوث اضرار للقضبان بسبب قطع حبل الونش

العينة – تكون عبارة عن اسطوانة بقطر اصغر قليلا من قطر القالب كما هو مبين بالشكل ٨٠

المثاقب الآلية الدوارة Power Drills — تجهز بآلة Engine وتعشيقة تروس وونش وهذه الثلاثة اجزاء مجتمعة تكوّن المثقب والصورة الفوتوغرافية ش ٨١ تبين مثقبا آلياً دوارا

شكل ٧٩

عملية الثقب – اهم ما يجب ملاحظته هو انزال الغلاف حتى تصل قدمه الى ماتحت سطح الصخور الصماء حتى يمتنع انهيار التربة الرخوة داخل الثقب وكذا يمتنع تسرب المياه الى الطبقات الرخوة ثم يوضع المثقب الدوار فوق الغلاف ثم يوصل التاج ورافع العينة باسطوانة العينة ويصير انزال هذا الجزء داخل الثقب ثم توصل القضبان بالسداد الرافع وخطاف الونش

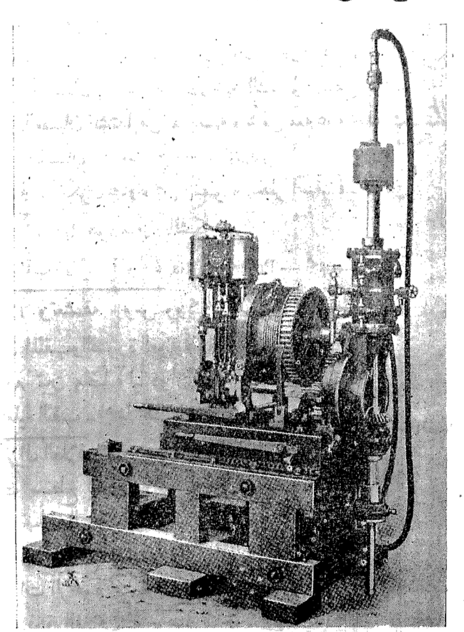


الثقب بواسطة التاج الماسى
شكل ٨٠

الآلة ذات التاج المصنوع من الصلب

اما المثاقب المجهزة بتيجان من الصلب فتشبه تلك المجهزة بتيجان

من الماس ومبين بالشكل ٧٠ نوع من تيجان الصلب مسنن كأسنان المنشار وقد يستعمل بدلا من الماس قطعا صغيرة من الحديد الصلب Chilled Steel Shot وهذه القطع توضع تحت التاج الخاص المسمى Shot crown والثقب



شكل ٨١

بالمثاقب الدوارة يكون عادة لغاية عمق ١٣٠ مترا

عمل مساقط وقطاعات

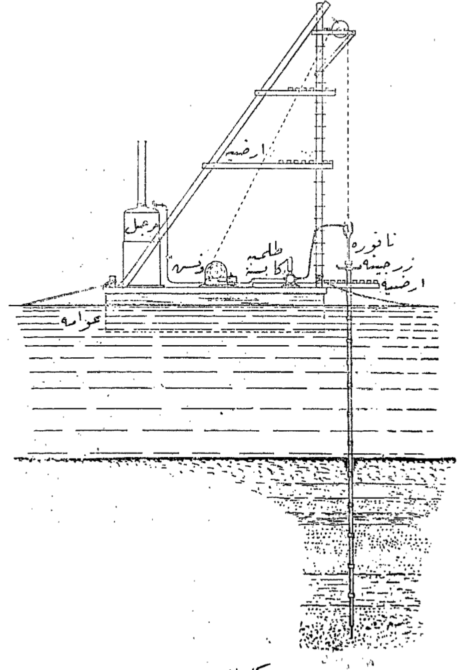
وبعد الحصول على العينات يصير عمل المساقط والقطاعات السابق شرحها

رصد البيانات

وعمل الكشوف من واقع البيانات التي صار الحصول عليها

الثقب تحت الماء

ويستعمل الثقب بكل الوسائل السابقة تحت الماء كاقواع الانهار كما يستعمل على الارض اليابسة تماما فقط يكون فى الحالة الأولى من مراكب أوعوامات تثبت فى الموقع تماما والشكل ٨٢ يبين مركبا وعليه آلات الثقب



شكل ٨٢

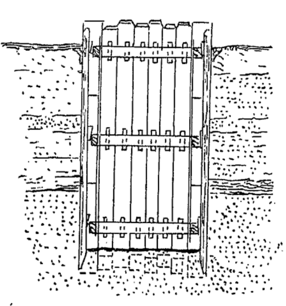
استعمال غلافات مختلفة الاقطار فى داخل بعضها

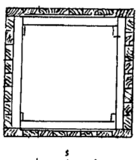
وفى كل حالات الثقب اذا تعذر انزال الغلاف بسبب الاحتكاك الناشىء من تراكم التربة حوله فيصير ادخال غلاف من قطر أصغر وهذا الأخير

يسهل انزاله بواسطة التغويص أو الدق نظراً لأن قوة الاحتكاك حوله أصغر من قوة الاحتكاك حول الأول ويصير النزول بهذا الغلاف الصغير الى أن يتعذر انزاله أيضا فيستعمل غلاف آخر من قطر أصغر وهكذا الى ان يصير الوصول الى المنسوب المطلوب

حفر الاختبار

حفر الاختبار تكون عادة بابعاد لا تقل عن ١٫٥٠م × ١٫٥٠ من الداخل وتسند جوانبها بشدة من الخشب ش ٨٣ وتعمل بغرض كشف طبقات التربة ومعرفة انواعها وكيفية تكوينها من حيث اسماك الطبقات وميولها واتجاهاتها وظواهرها الجيولوجية الأخرى ومنسوب المياه الجوفى ويعمل الحفر الى المنسوب الذى يرى التأسيس عليه فاذا رؤى أن تكاليف العمل تكون باهظة فيصير النزول بالحفرة الى عمق مناسب ثم الثقب من داخلها باحدى الطرق السابق بيانها حتى الوصول الى طبقة من التربة تصلح للتأسيس عليها وسنبين باسهاب فى الباب السادس طرق شد جوانب الحفر وأنواعه وحساب أخشاب الشدة





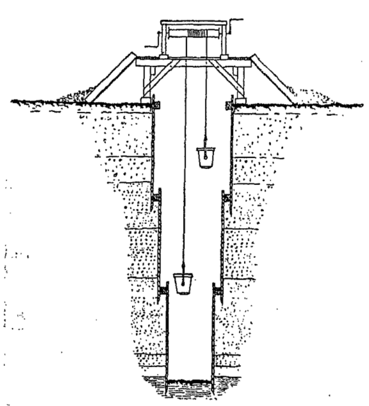
حفرة أختبار

شكل ٨٣

ويجب ان تكون ألواح الشدة رأسية تماما وأى عوائق تصادف الالواح يجب ازالتها اما بالحفر أو بالكسر أو بالنسف ويرفع ناتج الحفر بغلقان او دلاء تدلى بحبال لملئها ثم تجـــذب بواسطة الرجال الى سطح الأرض أو بواسطة احدى الآلات الرافعة فى حالات الحفر الذى عمقه أكبر من ٤ أمتار

واذا وجدت مياه بالحفر فأن كانت قليلة فيمكن التخلص منها برفعها

بالدلاء ش٨٤ واذا زادت كمية المياه فيستعمل أى نوع من انواع الطلمبات يناسب كمية المياه وعمق الحفر ويلاحظ أن تكون بيارة الطلمبة Sump على منسوب أوطى من منسوب قاع الحفرة



شكل ٨٤

واذا وجد أن المياه كثيرة بدرجة يخشى معها اذا استمر النزح بواسطة الطلمبات القوية من انهيار الشدة فيجب العمل على تقليل كمية مياه الرشح بالبحث عن مصدرها ومعالجة ذلك باحدى الطرق الناجعة فتستعمل القلفطة عند اتصال الواح الشدة فأذا لم يفد ذلك يصير دق صندوق من الستائر الخشبية المعشقة Sheet piles داخل صندوق الشدة وعلى بعد منه ثم ملء الفراغ الذى بين الصندوقين بطين مخلوط Puddled Clay أو بخرسانة اذا استدعى الحال ذلك وفى مثل هذه الحالة اذا أريد الحفر لعمق أكبر فتعمل طبقة الشدة السفلى من ستائر حديدية ويلزم المحافظة على اخشاب الشدة أثناء ازالتها لاستعمالها ثانية وتؤخذ عينات من طبقات التربة التى تخترقها حفر الاختبار وتحفظ داخل صناديق العينات

ويجب تدوين كل البيانات الخاصة بالعينات فى كشف كالسابق بيانه

ويجب قياس ميل الطبقة فى اربعة جوانب الحفرة وأخذ المنسوب الذي تظهر عليه المياه الجوفية وكمية المياه التى ترفع كل ساعة ثم تعمل قطاعات للحفر

وعند البدء فى دق الاخشاب يعمل نصب مرتفع مركب من حاملين وارضية ليقف عليه الرجال لدق الألواح الرأسية اذا كان ارتفاعها فوق سطح الأرض كبيراً

الباب الثالث

اختبار التربة بالدق و بالتحميل

لايكفى للحكم على قوة تحمل تربة ما ومعرفة مقدار قابليتها للانضغاط ومقدار مرونتها Elasticity أن يصل المهندس الى معرفة نوع التربة من البيانات التى يحصل عليها كنتيجة للمباحث الجيولوجية وفحص العينات التى تستخرج من حفر الاختبار وثقوب الجس

بل يجب على المهندس أن يعمل تجارب تحميل على نفس التربة التى سينشىء عليها منشآته ويقيم اساساته ليعرف مقدار أقصى ضغط تتحمله هذه التربة لوقت كبير دون حدوث أى هبوط أو مع حدوث هبوط منتظم يمكن السماح به فى الحالة موضوع الاختبار بشرط أن تستقر التربة فلا يزيد هبوطها مع مضى الزمن وأى هبوط غير متساو وغير منتظم يجب أن لا يسمح به ويجب كنتيجة له اما تغيير التصميم أو رفض الموقع لانه وان كان المهندس الخبير بشئون الاساسات يمكنه أن يعرف نوع التربة عند معاينة عينات منها فى الطبيعة أو بالرجوع الى المتاحف الجيولوجية وفحصها ومقارنتها بالعينات الموجودة بالمتاحف الا انه لايمكنه أن يقدر قوة تحمل التربة موضوع الاختبار حتى لو رجع الى نتائج تجارب تحميل سابقة على تربة مماثلة

والتقدير من واقع نتائج سابقة غالبا مايكون خاطئا نظرا للظروف الخاصة الملابسة لكل حالة على حدة

من ذلك يتضح أنه من المحتم عمل تجارب تحميل لكل عملية

أما الاساسات القليلة الغور كاساسات المساكن العادية وما شابهها فيكفى للحكم عليها معرفة نوع التربة من حفر الاختبار والرجوع لقوة تحمل المثل

ومن تجارب التخميل يمكن معرفة مقدار الحمل الذى تقوى التربة على حمله

دون حدوث هبوط أو مع حدوث هبوط لا يخشى معه على سلامة المبنى المقام على التربة ويمكن استعمال هذا الحمل بعد قسمته على معامل أمن كاف لتصميم الاساسات وتقدير ابعادها

وبما أن المنشآت اما أن تقام على أساس يوضع فى ارض تحفر وتكشف لهذا الغرض واما أن تقام على ارض غير مكشوفة كأن تكون على خوازيق أو علب Piles or Caissons أو خلافه

ولما كان الاختبار يجب أن يكون فى ظروف كظروف الحالة التى سينشأ عليها المبنى تماما فيمكن تقسيم التجارب الى قسمين

الاول — الاختبار المباشر وهو الذى يعمل على أرض مكشوفة

الثانى — الاختبار الغير مباشر وهو الذى يعمل على ارض غير مكشوفة

الاختبار المباشر

يجب قبل البت فى اختيار الطريقة التى ستتبع فى عمل الاختبار دراسة جميع الظروف المحيطة بالعمل لانه يحتمل وجود صعوبات قد تعيق استعمال طريقة معينة كأن تكون الارض التى سيقام عليها الاساس محصورة أو ضيقة أو تكون الطبقة المراد تحميلها على عمق كبير من سطح الارض فاذا كانت الارض غير محصورة ولا ضيقة وكانت الطبقة المراد اختبارها على عمق صغير من سطح الارض فيمكن عمل تجربة التحميل على مسطح كبير

وحيث أن ذلك يتعذر فى حالة الاعماق الكبيرة والمسطحات الضيقة سيما وان كانت قوة تحمل التربة كبيرة

ففى مثل هاتين الحالتين يستعمل التحميل على قاعدة صغيرة لتقليل مقدار حمل التجربة

ومن المعتاد استعمال قاعدة مربعة ابعادها ٣٠ سم × ٣٠ سم فى مثل الحالتين المتقدمتين ولو أن ذلك لا يأتى بنتيجة صحيحة لانه كلما زاد سطح التحميل وقارب مسطح الاساس فى المقدار كلما كانت النتيجة أقرب الى ما يحدث فعلا على التربة بعد انشاء البناء من ضغوط بسبب ثقل المبانى والاحمال الحية

والمستديمة الاخرى

واذأ امكن عمل التجربة على مسطح مساو لمسطح الاساس فان النتيجة تكاد تلمس المقادير الفعلية للضغوط الحقيقية ولكن تكاليف ذلك تكون باهظة خصوصا اذا كان مسطح الاساس كبيرا

ومهما تكن الطريقة التى يرى المهندس حسب ظروف العمل أن يتبعها فى عمل تجارب التحميل فيجب أن توضع قاعدة التحميل مباشرة على التربة التى سيصير التأسيس عليها وتعمل قاعدة التحميل عادة متينة وتكون من الحديد الزهر أو من الخرسانة

وابعاد القاعدة تتوقف على مقدار حمل الاختبار ويعتبر عادة ضعف حمل الأمن المفروض

قاعدة التحميل

والمعتاد عمل قاعدة التحميل مربعة وابعادها ١٫٢٠ متر × ١٫٢٠ متر اذا سمح مسطح الارض ومنسوب التربة موضوع الاختبار بذلك ويجب أن توزن قاعدة التحميل بحيث يكون سطحها أفقياً تماما

مواد التحميل

وأما موادالتحميل فيجب أن توضع بحيث توزع على القاعدة بانتظام وبالتساوى ويجب أن لاتبرز عن مسطح القاعدة فى أى جهة من جهاتها

وتكون عادة من القضبان الحديدية أو الطوب أو الأحجار المنحوتة أوالشكائر الملأى بالرمال ويجب أن توزن هذه المواد بحيث تكون أفقيه تماما وفى حالة استعمال مواد يخشى من سقوطها أو انهيارها مثل الاحجار فيجب احاطتها بصندوق من الخشب

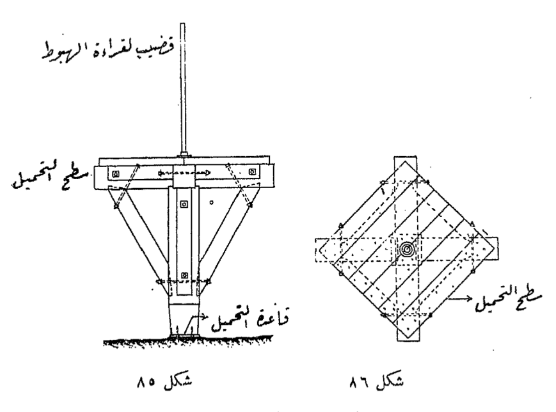
ولتسهيل عملية المناولة أثناء التحميل وكذا أثناء رفع الاحمال من فوق القاعدة يعمل نصب ذو ثلاثة شعب يجهز بونش يدوى

سطح التحميل

وفى حالة التحميل على قاعدة مسطحها ٣٠ سم فى ٣٠ سم يجب عمل سطح

تحميل أكبر من الخشب وعادة تكون ابعاده ٢٠ر١م × ٢٠ ر١م يحمل على قائم من الخشب يقام فوق قاعدة التحميل ويكون أعلاه تحت مركز سطح التحميل تماما وتكون ابعاد قطاع القائم ٣٢ سم × ٣٢سم ويقل عند قدمه الى ٣٠سم × ٣٠سم أى يكون مسطحه عند أسفله كمسطح القاعدة تماما

وتكون قاعدة التحميل فى هذه الحالة من الصلب سمك ١" وتثبت فى القائم بجاويطات وقد يعمل القائم وكذا قاعدة التحميل مستديرين ويجب ملاحظة جعل القائم رأسيا تماما وسطح التحميل يعمل من ألواح من الخشب تثبت فى أربعة كتل خشبية ١٠" فى ١٠" وتقوى بدعامات ٥" فى ٥" مائلة كالشكل ٨٥ و ٨٦



شكل ٨٥ — شكل ٨٦

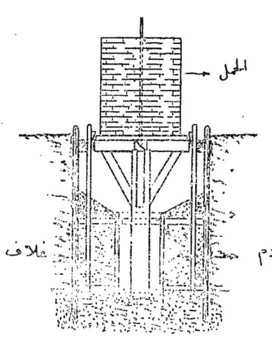
ويجب سند جوانب الخندق او الحفرة التى يعمل عليها الاختبار بشدة من الخشب

طريقة التحميل على تربة من النوع الذى يرتد

واذا كانت التربة من النوع الذى يرتد داخل الحفرة بتأثير ضغط التربة خارجها أو من النوع الذى يتقوس كما هو الحال فى بعض أنواع التربة ففى مثل هاتين الحالتين يجب احاطة القائم بغلاف أو صندوق والردم بين السطح

الخارجى للغلاف أو الصندوق والشدة الساندة لجوانب الحفرة وتدك مواد الردم حتى تتساوى فى الصلابة مع التربة العادية شكل ٨٧

وقد يكون الغلاف من الخشب أو من المواسير الفخار الحجرى او المواسير المعدنية فى حالة القوائم المستديرة



طريقة التحميل فى تربة من النوع الذى يريد

شكل ٨٧

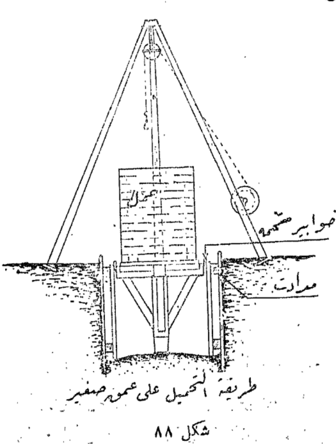
التحميل داخل حفر الاختبار

وفى حالة التحميل على قاع حفر اختبار تعمل الحفر مربعة ابعادها ٢٫٤٠ متر فى ٢٫٤٠ متر وتشد جوانبها وتوضع الواح رأسية تثبت داخل مدادات الشدة بحيث ينزلق عليها سطح التحميل اثناء الهبوط الناشىء عن التحميل ويكون بين الالواح وبين سطح التحميل خوابير مشحمه ش ٨٨

ويلاحظ التخلص من أى مياه تظهر فى الحفر اما بواسطة صرفها أو رفعها بطلمبات كما يلاحظ جعل سطح التربة افقيا تماما و تنظيفه قبل وضع قاعدة التحميل عليه

التحميل بالضاغط المائى

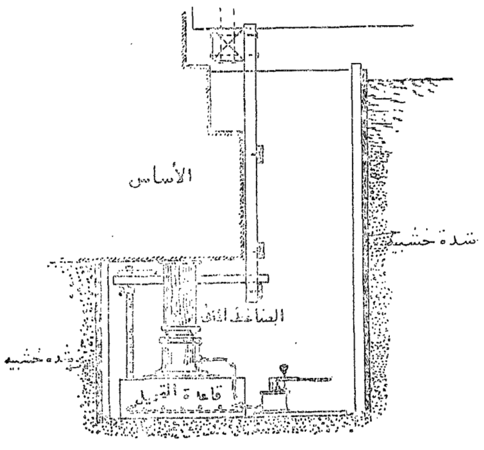
وفى حالة اختبار التربة لتقوية أساس قديم Under Pinning وكذا فى الاعماق الكبيرة والمسطحات الضيقة تستعمل طريقة الاختبار بالضاغط المائى Hydraulic Jack ش٨٩



طريقة التحميل على عمود صغير

شكل ٨٨

ويكون ذلك بتغويص الحفرة الى العمق الذى سيوضع عليه .الآساس او



طريقة التحميل بواسطة الضاغط المائى

شكل ٨٩

عمـــل خندق الى هذا العمق وصب كتلة خرسانية مسلحة او عادية لوضع الضاغط المائى عليها ويحسب الحمل من قراءة (مقياس ضغط Manometer) الضاغط المائى مضروبا فى قاعدة الكباس Ram مع احتساب ١٠ ٪ فاقد فى الاحتكاك فى الجهاز

واستعمال الضاغط المائى يقصر على الحالات التى يتعذر معها التحميل بالاحمال العادية

قراءة الهبوط

ولقراءة مقدار الهبوط يثبت سيخ من الصلب فى القاعدة أو فى سطح التحميل ويكون طوله كافيا لأن يظهر دائما فوق قمة الحمل فان كان الحمل كبيراً جدا وارتفاعه لا يسمح بقراءة مناسيب السيخ فتعمل علامة على سطح

التحميل او على القائم الذى تحته وتقرأ مناسيب هذه العلامة بميزان Level

احمال الاختبار

تحمل القاعدة اولا بحمل الأمن المفروض دفعة واحدة ولكن بانتظام وبعد فترة انتظار يزاد الى هذا الحمل أثقال حتى ان يصل الى نحو ضعف حمل الأمن المفروض مع فترات انتظار بعد كل اضافة على الحمل

اهمية فترات الانتظار

وفترات الانتظار بين الحمل الأول والاضافات التى تليه لها اهمية كبيرة لأن اكثر الهبوط يحدث عادة فى الاوقات التى يترك فيها الحمل فى حالة هدوء تام

مدة فترات الانتظار

وفترات الانتظار تكون عادة من يومين الى ثلاثة ايام حتى يسمح للتربة أن تستقر تحت تأثير الحمل الذى عليها والحمل النهائى والذى يقدر عادة بضعف حمل الامن المفروض يترك من اربعة الى ثمانية أيام أو اكثر اذا رؤى ضرورة ذلك لاستقرار التربه

واذا كانت التربة لاتستقر فى فترات الانتظار العادية عقب كل زيادة فى التحميل فيجب اطالة فترة الانتظار الى ان تستقر التربة فلا يزاد الحمل حتى يقف الهبوط لأنه يحتمل أن تكون التربة قد وصلت الى نقطة المطاوعة Yield Point او اصبحت قريبة منها

مقاس الهبوط

ويقاس مقدار الهبوط اثناء عملية التحميل كل ٦ ساعات أو ١٢ ساعه أو ٢٤ ساعة وقد يقاس مقدار الهبوط على ازمنة اقصر اذا رؤى ضرورة لذلك

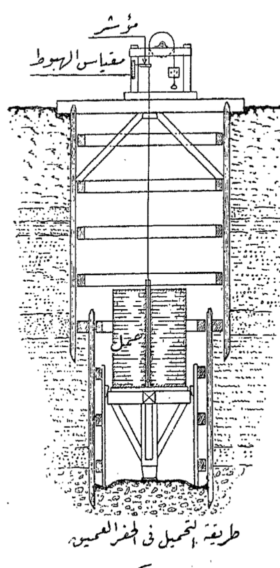
ويلاحظ اخذ قراءه مقدار الهبوط عند الانتهاء من وضع الحمل الاولى ومن وضع كل اضافة عليه وكذا عند الانتهاء من الحمل النهائى

استعمال الميزان فى مقاس الهبوط

يقاس الهبوط عادة بواسطة الميزان من روبير ثابت وقريب من الموقع

ولكن يلاحظ ان لا يكون قريبا بدرجة يتأثر معها بالهبوط من عملية الاختبار وتؤخذ القراءات كما سبق ان اسلفنا على السيخ الحديد او على سطح التحميل

اما فى الاعماق الكبيرة فمن الانسب ان يوصل احد طرفى سلك من الصلب الى الطرف الاعلى للسيخ المثبت بالقاعدة بواسطة صامولة ويمرر هذا السلك على طنبور اوبكرة عديمة الاحتكاك Frictionless مقامة على سطح الارض ويعلق بالطرف الآخر للسلك ثقل ويجهز هذا السلك بمؤشر من النحاس أو الصلب يثبت بواسطة مسامير قلاووظ ويثبت على قائم مستقل مقياس مدرج يتحرك عليه طرف المؤشر وبذلك يمكن قراءة الهبوط ش ٩٠



طريقة التحميل فى الحفر العميقة
شكل ٩٠

رصد القراءات

ونتائج القراءات الدالة على الهبوط يعمل بها كشف يشمل خانات يبين فيها التاريخ وميعاد القراءة ومقدار الحمل وقت القراءة ومقدار الهبوط الحادث بين القراءات ومقدار الهبوط الكلى ووصف عملية التجربة التى عملت

الخطوط البيانية

ويلاحظ اضافة ثقل قاعدة التحميل وكذا سطح التحميل الى حمل التجربة ومن واقع هذه الكشوف تعمل خطوط بيانية عن النتائج بين الحمل والهبوط والوقت وكذا يعمل خط بيانى يبين مقدار الهبوط أثناء فترات الانتظار وخط آخر يبين العلاقة بين الحمل والهبوط ومن تلك الرسومات

يمكن استخراج نقطة المطاوعة وهى النقطة التى يكون الهبوط متناسبا مع الاحمال لغايتها ويزيد الهبوط بعدها زيادات لا تتناسب مع اضافات الاحمال

حمل الأمن — ومن المعتاد عمليا أن لا يعتبر حمل الأمن اكبر من نصف أو ثلثى الحمل عند نقطه المطاوعة اذا كان الهبوط الذى يحدث لغاية نقطة المطاوعة مما يسمح به بدون الأضرار بالمنشئات موضوع الاختبار ومن المعتاد ان يفرض حمل الامن على الطين الصلب الجاف مساو من ٣٢ طن الى ٣٨ طن على المتر المربع

تأثير العوامل الجوية — يلاحظ وقاية مواقع الاختبار فى الارض المكشوفة من المؤثرات الجوية كالامطار واختلاف درجات الحرارة والرطوبة لأن هذه العوامل قد تغير خواص التربة المكشوفة وتكون النتائج التى يحصل عليها خاطئة

ولذا يجب ان يحتاط لذلك بتغطية الموقع واجهزة الاختبار والتخلص من اى مياه بصرفها او رفعها بطلمبات

واذا وجد ان اثر العوامل الجوية كبيرا بحيث انه لا يمكن وقاية الموقع فيوقف التحميل واتمام التجربة الى ان يعود الجو سيرته الأولى

فاذا كانت التربة من التى تتغير خواصها تغييرا كبيرا تحت تأثير العوامل الجوية فينبغى ترك الموقع معرضا بغير تغطية وقتا طويلا ودراسة مايطرأ على التربة من التغيرات بينما تكون التربة محملة بأقصى حمل

وقد يكون من نتائج تجربة من هذا القبيل ان تربة ذات قوة تحمل كبيرة وكذا مقاومتها للانضغاط تكون كبيرة عند بدىء تعرضها للجو تصبح قوة تحملها وكذا مقاومتها للانضغاط اقل بكثير مما كانتا عليه فى اول الأمر

وقد يكون ذلك بعد مضى مدة قصيرة على تعرضها وقد تستمر التربة فى الهبوط تحت تأثير اقصى حمل الى وقت طويل

الاختبارات الغير مباشرة

الاختبارات الغير مباشرة — تكون على الارض الغير مكشوفة والتى يعمل فيها

الاساس للمنشآت اما بواسطة دق خوازيق او تغويص علب Caissons او آبار Cylindes وهذه كلها يعبر عنها عادة بالاساسات العميقة Deep Foundations لأنه يصير النزول بها اما الى طبقة صخرية صماء على عمق كبير او الى منسوب يكون معه العمق كافيا لمقاومة الحمل بالاحتكاك والبيانات الاولية للحصول على منسوب تلك الطبقات وعلى عينات منها يكون بطريق حفر الاختبار والثقب السابق شرحها وفيما يلي سنشرح اجراء عمليات الأختبار لقوة تحمل كل من الخوازيق والآبار والعلب

خوازيق الاختبار

يمكن الحصول على البيانات الخاصة بقوة تحمل الخازوق من سلوك الخازوق اثناء دقه وانزاله داخل الارض

وقد عملت لذلك جملة قوانين من واقع البيانات التى صار الحصول عليها اثناء عملية الدق ولكن نظراً لتباين نتائجها تباينا كبيراً ولخطأ تلك النتائج فى احوال كثيرة فالطريقة المثلى للوصول لمعرفة قوة تحمل الخازوق هى بتحميله فى نفس التربة التى سيقام عليها الاساس وكذا لمعرفة مقدار قابلية التربة للانضغاط ومقدار مرونتها

وسنشرح القوانين الخاصة بقوة تحمل الخوازيق واسباب نتائجها الخاطئة فى الباب العاشر الخاص بالخوازيق ودقها

ويمكن بناء على ما تقدم تقسيم التجارب على الخوازيق الى قسمين

(١) تجارب دق (٢) تجارب تحميل

تجارب الدق ـ يجب ان تدق خوازيق الاختبار فى نفس الظروف التى ستدق فيها الخوازيق الحاملة للاساس فاذا كان المنوى عند عمل الاساس الحفر الى عمق معين سواء بامالة جوانب الحفر او بسنده بشدة خشبية فيجب اتباع المثل فى دق خوازيق الاختبار

واذا كان المنوى دق خوازيق الاختبار فى مجاميع فيعمل الاختبار على مجاميع من الخوازيق مماثلة لمجاميع خوازيق الاساس والا فتعمل مجاميع

التجارب مكونة من ٤ خوازيق على شكل مربع المسافة فيه بين محورى كل خازوقين فى ضلع واحد ٩٠ سم وذلك لان نتائج التجارب على مجاميع تختلف عن نتائج التجارب على خازوق مفرد

وكذا يراعى أن تكون خوازيق الاختبار من نفس مادة خوازيق الاساس ومن ابعاد وأشكال مماثلة لابعاد وأشكال خوازيق الاساس وان يكون الدق بطريقة واحدة وسنشرح باسهاب طرق دق الخوازيق فى الباب العاشر

ويجب عدم الاعتماد على النتائج التى يصير الحصول عليها من دق خازوق واحد لانه نظراً لعدم ضمان تجانس التربة فى الموقع ولاحتمال ماقد يحدث لخازوق واحد من تلف أثناء دقه بسبب الافراط فى الدق Over Driving أو مصادفة عقبات فيجب دق جملة خوازيق اختبار للوصول الى نتائج يمكن الركون اليها

ومن المفيد بعد دق جملة خوازيق اختبار نزع بعض الخوازيق التى كان دقها شديداً لمعاينتها والاطمئنان على سلامتها وذلك لضمان سلامة البناء الذى سيشيد فوقها وسنشرح فى الباب الخاص بالخوازيق طرق نزعها من التربة

اعادة الدق على خوازيق الاختبار — الخوازيق التى تدق فى تربة رخوة تزداد قوة تحملها زيادة كبيرة بعد مضى فترة من الزمن على دقها

اما فى أنواع التربة الصلبة فان زيادة قوة تحمل الخوازيق بعد مضى فترة على دقها أقل من نظيرتها فى حالة التربة الرخوة وللتاكد من النتائج التى صار الوصول اليها أثناء دق الخازوق وبالاخص فى حالة ارتياب المهندس فى ذلك يجب اعادة الدق على الخوازيق بعد مضى فترة عشرة ايام على الاقل من دقها ويحدد عدد الضربات بعشرين ضربة تقريبا وتدق فى نفس الظروف وبنفس الطريقة التى دقت بها آخر مرحلة Stage فى دق الخازوق فى المرة الاولى ثم يقاس معدل الاختراق للضربة الواحدة

فاذا ماأعطت نتيجة الاختبار الثانية معدل اختراق اقل من نظيره فى الحالة

الاولى فيمكن اعتبار حمل الامن للخازوق اكبر وبالاخص اذا اعطت نتائج تجارب التحميل مقادير مماثلة

رصد الاختراق

تعمل علامة على جسم الخازوق تبعد عن قدمه بحيث انه عند وضع قامة Staff على هذه العلامة واخذ القراءة بميزان يكون محور النظارة قريبا من قدم القامة عند بدء الدق و تقرأ النظارة صفرا تقريبا وكلما دق الخازوق تؤخذ قراءة العلامة بالميزان ومن ذلك يعرف مقدار الاختراق

ويلاحظ أن يكون وضع الميزان فى مكان بعيد عن موضع الخازوق وأن يثبت جيدا حتى لا يتأثر بالدقات واذا دفنت هذه العلامة داخل التربة اثناء الدق فتعمل علامة أخرى للقراءة عليها وهكذا

ويلاحظ وضع القامة رأسيا ويجتنب أخذ القراءات على رأس الخازوق نظرا لنزوعها للتلف أثناء الدق

وبعد ان تثبت قدم الخازوق فى التربة يبدأ بأخذ قراءات عن كل عشرين ضربة وعند الاقتراب من درجة الامتناع Refusal يصير اخذ القراءات عن كل عشر دقات

ويجب التحقق من ضبط الميزان بقراءة الروبير الثابت بين آن وآخر وبالاخص عند الاقتراب من درجة الامتناع

ويجب ملاحظة سلوك الخازوق بين آن وآخر للتأكد من سلامته واذا حصل اى تلف برأسه فيجب قطعها واعادة تطويقها بطوق حديدى لحمايتها من دق المطرقة وخصوصا قبل المرحلة الأخيرة من الدق

رصد البيانات

ويجب ان يرصد المهندس بياناته فى دفتر مبين فيه الخانات الآتيه

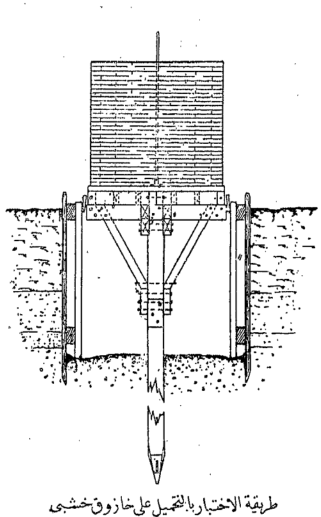
نمرة خازوق الاختبار ونوع المطرقة ومقدار السقطة Drop وعدد الضربات وقراءة الميزان والوقت ومقدار الاختراق Penetration وعدد الدقات اللازمة لاختراق كل قدم وخانة للملحوظات

عمل الرسوم البيانيه

ومن واقع هذه البيانات يعمل المهندس رسما بيانيا بين عدد الدقات ومقدار الاختراق ويوضح عليه كل اختلاف فى سقطات المطرقة

الاختبار بالتحميل ـ لايبدأ بتجارب التحميل الا بعد مضى ١٠ أيام من دق الخازوق حتى تكون التربه التى حوله قدانهارت وتماسكت حول جسم الخازوق وقد تزاد الفترة اذارؤى ضرورة ذلك وفى بعض أنواع التربة يرتد الخازوق ويرتفع بعد دقه ويستمر فى الارتفاع مدة فيجب عدم بدء عملية التحميل الا بعد استقراره

التحميل على خازوق مفرد ـ يقطع الجزء التالف من الخازوق ويعمل سطح خشبي للتحميل عليه شكل ٩١ فوق رأس الخازوق ان كانت الخوازيق خشبيه



طريقة الاختبار بالتحميل على خازوق خشبى

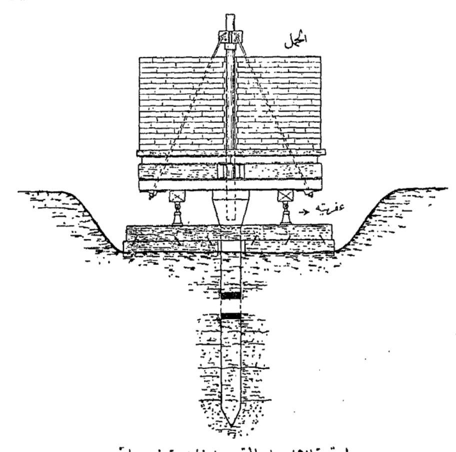
شكل ٩١

امافى حالة الخوازيق الخرسانيه فيعمل سطح التحميل من خرسانة مسلحة على كمرات حديدية شكل ٩٢ ـ أما التحميل على مجاميع فيشبه التحميل على خازوق مفرد شكل ٩٣ وشكل ٩٤ ولامكان قراءة الهبوط يثبت بوسط سطح التحميل قضيب أوسيخ من الحديد يكون طوله بحيث يبرز فوق أعلا مواد التحميل أو بواسطة قراءة علامة على سطح التحميل أو تحته

ضبط الاحمال الكبيرة

عند تحميل خوازيق الاختبار باحمال كبيرة اذا لم تبذل العناية اللازمة لضبط الاحمال

والمحافظة عليها من السقوط فان ارواح العمال تكون عرضة لخطر جسيم .
وعليه يجب ملاحظة جعل الاحمال متزنة دائما وفى مثل هذه الأحوال يحمل سطح التحميل عادة بصفة مؤقته على خوابير قوية من الخشب أو على عفاريت شكل ٩٢ Screw Jacks ترتكز على كتل من الخشب وذلك اثناء وضع الاحمال وعند مايقرب الانتهاء من كل مرحلة من مراحل التحميل يصير



طريقة الاختبار بالتحميل على خازوق خرسانى

شكل ٩٢

فك الخوابير أو العفاريت تدريجيا لضمان بقاء الاحمال متزنة وقبل القاء الحمل على رأس الخازوق او مجموعة الخوازيق أى قبل ازالة الخوابير او العفاريت تماما يصير التأكد من اتزان الحمل وتوزيعه توزيعا منتظما

وتحمل خوازيق الاختبار تدريجيا بمعدل عشرة طن فى اليوم الى ان يصل الحمل الى حمل الامن المفروض ان تصمم عليه الخوازيق وبعد مضى فترة من الزمن نحو يومين او ثلاثة ايام تراقب فيها حالة الخازوق تحت تأثير هذا الحمل فاذا كان الخازوق قد استقر ووقف هبوطه يزاد الحمل بزيادات بينها فترات انتظار الى ان يصل مقدار الحمل الى ضعف مقدار حمل الأمن

وبعد ذلك يترك الخازوق تحت تأثيرهذا الحمل لمدة ٧ او ١٠ ايام يراقب الخازوق أثناءها

فاذا وجد بعد اضافة احدى الزيادات ان الخازوق يهبط هبوطا مفرطا ويستمر فى ذلك فيوقف التحميل عند هذا الحد لان هذا يكون دليلا على أن التربة قد حملت فوق قدرتها

ويجب ملاحظة عدم دق خوازيق فى جوار خوازيق الاختبار لانه يتسبب عن ذلك زيادة مقدار الهبوط

أماالخوازيق التى صار انزالهابطرق أخرى خلاف الدق كما هو الحال فىالخوازيق التى يصير انزالها بواسطة النافورةوحدها Water Jet أوبواسطة النافورةوالدقمعاً أو بواسطة العفريت المائى فيصير اختبارها لقوة التحمل بتحميلها أو بضغطها بعفريت مائى واختبارات التحميل مماثلةللسابقشرحها

سطح تحميل
خراسانه مسلحة
مجموعة خوازيق خراسانيه

شكل ٩٣

ويقاس مقدارالهبوط فىحالةتحميل الخوازيق بنفس الطرق السابق شرحها فى الاختبار المباشر الا انه يجب ان تؤخذقراءات أثناء ازالة الاحمال أيضاً عن سطح التحميل لانه فى بعض الحالات تنزع الخوازيقالى الارتداد اثناء وبعد رفع الاحمالعنهاوذلك لخاصية المرونة التى فى التربة وفى مادة الخازوق وهذه الظاهرة لها أثرها فى الاساسات المعرضة لتغيرات فى مقادير الاحمال الحية والمستديمة Live & Dead Loads

سطح تحميل
كمرات حديديه
خوازيق خراسانيه

شكل ٩٤

ومن المعتاد فى المنشآت الكبيرة الدائمة أن يعتبرحمل الامن على الخوازيق

الخرسانية والخشبية التى صار دقها بحالة ملائمة بمعدل اختراق للعشرة دقات الاخيرة مقداره ١" كأنه ٥٠ فى المائة الى ٦٧ فى المائة من حمل الاختبار الذى يتولد عنه هبوط نهائى تدريجى مقداره ½" بعد فترة انتظار مقدارها ١٠ أيام

فاذا كان انزال الخازوق بغير طرق الدق وكان حمل الاختبار ضعف حمل الامن المفروض فمن المعتاد أن يعتبر حمل الامن كأنه مساو نصف حمل الاختبار اذا كان الهبوط تحت تأثير هذا الحمل لا يزيد عن ⅜" بعد فترة انتظار مقدارها ١٠ أيام

وقد تعطى اختبارات التحميل نتائج مبالغ فيها وأكبر كثيراً من حمل الامن المفروض والخبرة وحدها هى التى تمكن المهندس من اختيار حمل أمن ملائم لكل حالة

ويلاحظ أن لا يزيد حمل الامن المفروض عما يسبب جهداً أكبر من جهد الضغط المسموح به لمادة الخازوق

أنابيب الاستكشاف Exploratory Tubes

قد تستعمل أنابيب لاستكشاف التربة وبالاخص فى الاماكن الضيقة المساحة وفى تنكيس الاساسات العميقة التى يحتاج تنكيسها الى عناية كبيرة لمنع تقلقل التربة المقامة عليها وطريقة الاستكشاف هى أن تغوص أنبوبة من الصلب من قطر كبير الى المنسوب المطلوب ثم تعمل تجارب تحميل لمعرفة قوة تحمل التربة وقابليتها للانضغاط من داخل الانبوبة بواسطة أنبوبة ذات قطر أصغر ويوضع حمل الاختبار على سطح تحميل كالسابق شرحه وقد عملت تجارب بواسطة هذه الطريقة لاعماق غايتها ١٧ متراً

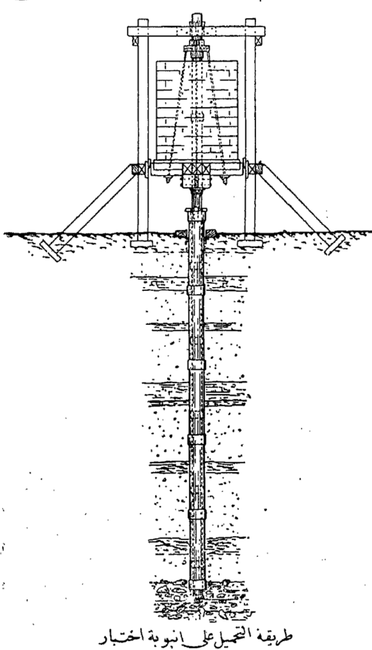
وتكون الانابيب الخارجيه من الصلب من قطر ١٦" تقريبا ومن سمك ½" وطول ١٫٥٠ متر للقطعة وتوصل بازدواجات مقلوظة Screw Coupling

وتغوص بواسطة النافورة الى الطبقة المرغوب اختبارها أو بواسطة النافورة مع مساعدة الدق بمطرقة تزن نحو ١ طن وذات سقطات قصيرة أو تستعمل مطرقة بخار مزدوج الأثر Double Acting ذات شوط يختلف من ٢٠ الى ٣٠ سم واذا لم يسمح الفراغ حتى باستعمال هذه المطرقة فيستعمل عفريت مائى وتجهز

الأنابيب التى تنزل بطريقة الدق بقدم محدد

أما الأنبوبة الصغيرة التى توضع بداخل الانبوبة السابق شرحها فتجهز بقدم مسطح Flat يرتكز على التربه وتعمل هذه المواسير من صلب ثقيل ومن قطر نحو ١٠ً وتوصل ببعضها بازدواجات والقطعة السفلى مجهزة بقدم قوية من الصلب أو الزهر كقاعدة تحميل مقواة باضلع Ribs فى أعلاها ومسطحة تماما عند أسفلها لكى ترتكز على التربة بكامل مسطحها لغرض توزيع الحمل تحت القاعدة بانتظام

وفى وسط القاعدة ثقب قطره نحو ١½ً لاستعمال النافوره المائية من داخله ومسطح قاعدة التحميل بعد استنزال مسطح الثقب يساوى قدما مربعا ويوضع سطح التحميل على رأس الانبوبة الداخلية ش ٩٥



طريقة التحميل على انبوبة اختبار

شكل ٩٥

وهو مكون عادة من اربعة كتل خشبية ١٢ً فى ١٢ً وطول ٨َ موضوعة متعامدة على بعضها والاثنان السفليان منها يرتكزان على شفة مجهزة بها رأس الانبوبة الداخلية وعلى الكتل تلويحة من الخشب وقد تستعمل كمرات حديديه بدلا من الكتل الخشبيه وأطراف الكتل او الكمرات

ترتكز على اربطة مائلة متصلة برأس الأنبوبة ويجب المحافظة على أفقيةسطح التحميل

ومواد التحميل تكون عادة عبارة عن كتل من الزهر ثقل الواحدة نحو طن واحد ومجهزةبعيون اتصال لرفعهامنهاووضعها فوق سطح التحميل بواسطة بكرة وكتلة Block & Tackle معلقة بالنصب المحيط بسطح التحميل ش ٩٥

واستعمال الكتل الثقيلة هو لغرض عدم اشغال فراغ كبير فأذا سمح الفراغ الموجود باستعمال مواد أخرى فتستعمل

عملية الاختبار ـ قبل ادخال الانبوبةالصغيرة يصير تنظيف قاع الانبوبة الكبيرة من مواد التربة التى قد تكون دخلتها أثناء عملية التغويص أو الانزال حتى يمكن انزال قاعدة التحميل المتصلة بالانبوبة الصغرى تحت القدم المحدد للانبوبة الخارجية

ومن المهم أن ترتكز قاعدة التحميل على التربة الاصلية واذا تعذر ذلك بسبب ارتداد التربة الخارجية داخل الانبوبة الخارجية فيصير نحر القاع تحت قدم الانبوبة الخارجية بواسطة النافورة ثم انزال الانبوبةالداخليةالى الارض الاصلية ويجب المحافظة على رأسية الانبوبة الداخلية

ثم تجهز هذه الانبوبة بسطح التحميل ويبدأ بوضع كل ٢ طن دفعةواحدة حتى يصير الوصول الى مقدار حمل الامن المفروض وتقرأ مقادير الهبوط

ثم يسمح بفترة انتظار مقدارها ثلاثه أيام ثم يزاد الحمل بزيادات مقدارها ٢ طن الى أن يصل مقدار التحميل الى ضعف حمل الامن مع فترات انتظار مقدارها ٣ أيام بين كل زيادة والتى تليها

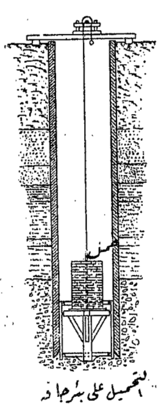
وقد يزاد الحمل الى نقطةالمطاوعة ثم يعقب الحمل النهائى فترةانتظار مقدارها من ٧ الى ١٠ أيام وتؤخذ قراءات عند ازالة الاحمال أيضا

آبار وعلب الاستكشاف Explortory Cylinders & Caissons عند ما تستعمل آبار وعلب للاستكشاف يوضع التحميل على سطح يحمل اما مباشرة على التربة التى تكشف بقاع البئر أو العلبة وأما أن يكون التحميل غير مباشر بأن

يوضع على سطح فوق انبوبة ترتكز بقاعدة تحميل على التربة المكشوفة

العلب الجافة ـ عندما يكون قاع البئر جافا أو قليل البلل فلا يوجد صعوبة غالبا فى عمل التحميل المباشر وذلك باستعمال سطح تحميل مسطح قاعدته قدمام بعا شكل ٩٦ ويجب قبل وضع سطح التحميل تنظيف القاع وتسويته حتى يكون قدم القائم Centre Post تحت قدم العلبة

ويجب المحافظة على اتزان سطح التحميل بقوائم خشبية متصلة بجوانب البئر ومجهزة بمجارى حديدية مشحمة جيدا لتنزلق عليها السكاكين التى باطراف سطح التحميل وتقرأ مقادير الهبوط بمد شريط اوسلك من الصلب مربوط بالقضيب الذى تؤخذ عليه القراءات وموصل الى بكرة عند سطح البئر شكل ٩٦ ويجب ملاحظة أخذ مناسيب للبئر نفسه بعد كل قراءة لمقدار الهبوط وذلك لتبين حالة القاع ومعرفة حدوث زحف اوخلافه


التحميل على بئر جاف

شكل ٩٦

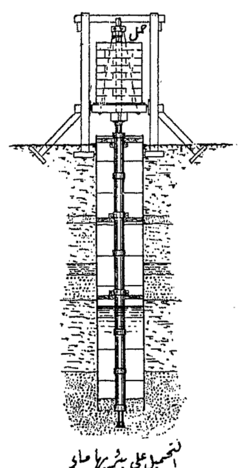
الآبار والعلب الغير جافة ـ للعلب والآبار التى لا يمكن تجفيفها تماما بنزح المياه منها يصير اختبار التربة بواسطة انبوبتين كماسبق أن شرحنا فى انابيب الاستكشاف فتغوص الانبوبة الخارجية الى ماتحت منسوب قاع البئر وتحفظ فى موضعها بواسطة كباسات Struts مؤقتة توضع بين جسمها وجسم البئر ثم يصير التحميل كما فى حالة انابيب الاستكشاف تماما كما هو مبين بالشكل ٩٧

وقد تختبر آبار وعلب الاساسات اثناء تغويصها باحدى الطريقتين السالفتين للتحقق من الوصول الى طبقة ذات قوة تحمل وقابلية للانضغاط يكفيان لحمل الضغوط المصممة عليها

فاذا وجد ان قاع العلبة قد وصل الى طبقة كهذه فلاداعى للتغويص اكثر من ذلك

وبواسطة آبار وعلب وأنابيب الاستكشاف يمكن معرفة العمق الذى يجب ان تصمم عليه آبار وعلب التأسيس

اختبار الآبار والعلب التامة البناء



التحميل على بئر بها ماء
شكل ٩٧

فى المنشآت الهامة يصير ملء آبار أو علب من النوع الذى سيستعمل أساسا للبناء بنفس المواد ونفس النسب التى ستملأ بها الاخيرة ثم يصير اختبارها بتحميلها بالطرق السابقة لمعرفة قوة تحملها

وفى مثل هذه الحالة يجب استنزال مقدار الاحتكاك الجانبى الذى يمكن حسابه من البيانات التى يحصل عليها أثناء التغويص بالقوانين الخاصة بذلك من وزن البئر مضافا اليه الحمل الواقع على البئر

فاذا كانت قاعدة البئر معرضة لضغط المياه الى أعلا كان تكون طبقة التربة التى تحتها تسمح بمرور المياه Permeable فان البئر تعتبر كأنها معومة ويستنزل من الوزن الكلى مقدار قوة الرفع الى أعلا Uplift المسببه عن ضغط المياه على قاعدة البئر والذى يمكن حسابه من ارتفاع المياه فى البئر قبل ملئها بالخرسانة

وسنبين حساب ذلك فى الباب الخامس اما اذا حبست المياه عن قاع البئر بسبب وجود طبقة لا تنفذ منها المياه Impermeable فانه يستنزل وزن التربة والمياه التى حل محلها جسم البئر أى التى حجمها كحجم البئر

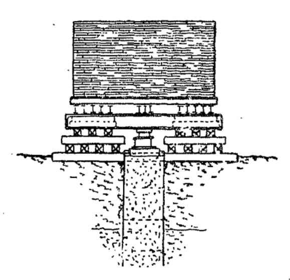
ومن المتبع اهمال حساب الاحتكاك الجانبى فى الآبار الغير عميقة نظرا لعدم ضمان بقائه

اما فى الآبار العميقه فيدخل ضمن الحساب جزء من الاحتكاك الجانبى حول

الجزء الأسفل من جسم البئر

أما قوة الرفع الى أعلا فتدخل ضمن الحساب بكامل مقدارها الآن عملها دائم الا أنه قد ينشأ عن ضغط بعض انواع التربة الحاملة للماء بسبب تغويص آبار مجاورة للبئر موضوع الاختبار أن ينخفض منسوب الماء بها فيجب اذن عند ادخال قوة الرفع ضمن الحساب مراعاة الدقة والتأنى

فاذا كان شكل أو ابعاد البئر لاتسمح بالتحميل المباشر فوق البئر فيصير وضع حمل التجربة على سطح تحميل مستقل يبنى من كمرات خشبيه أو حديدية أو منهما معا



طريقة اختبار علبه محشوة بالخرسانة

شكل ٩٨

وهذا السطح ينقل الاحمال الى عفريت مائى موضوع على سطح البئر ومجهز بكمرة تحميل تحت سطح التحميل شكل ٩٨

ويجب قراءة الهبوط أثناء التحميل مع السماح بفترات انتظار بين كل زيادة والتى تليها ثم يصير رصد وتوقيع مقادير الهبوط كما فى الحالات السابقة

الباب الرابع

الحفر للاساسات

بعد عمل الجسات أو الثقوب اللازمة ومعرفة عينات طبقات التربة وعمل تجارب التحميل وتصميم الاساس يبدأ باعداد وتنظيم موقع العمل قبل البدء بالحفر فيصير اختيار طريقة الحفر وتجهيز الادوات والآلات اللازمة لها وكذا عدد الانفار ووسائل النقل وذلك بعد دراسة الموقع والظروف الملابسة له كنوع تربته ومسطح الحفر والارتفاع الذى سيرفع اليه ناتج الحفر والمسافة التى سينقل اليها.

فان كانت التربة سهلة والارتفاع قليل ومسافات النقل قصيرة فيستعمل فى الحفر الفأس أو الكريك ويستعمل فى النقل الغلق والايدى العاملة

أما التربة الصلبة فتحتاج الى أدوات خاصة لتفكيكها ويتوقف نوع الادوات اللازمة لتفكيكها على درجة صلابتها واندماجها

فالرملية المتماسكة مثلا تحتاج فى تفكيكها الى المحراث اذا سمح مسطح العمل باستعماله والا فيصير معالجتها بالكريك فى حالة الخنادق الضيقة

وفى الصخور القليلة الصلابة وما يماثلها فتستعمل الأزمة أو العتلة لتفكيكها

وفى الصخور الصلبة فتستعمل المثاقب والمواد الناسفة كالبارود والديناميت واللغم.

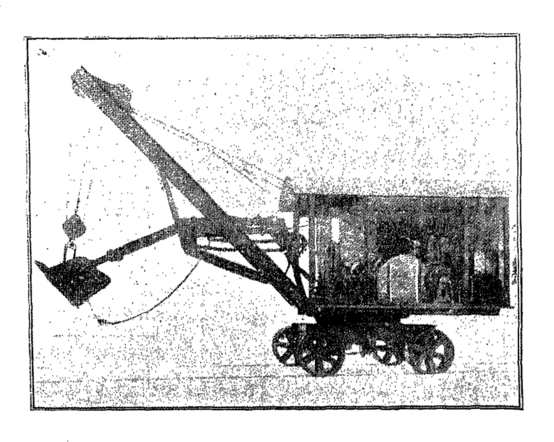
وتستعمل الكراكات Dredgers فى الحفر تحت الماء مثل اقواع الانهار والترع التى لاتجف.

الحفر بآلات مركبة

وقد تستعمل آلات مركبة للقيام بعمليات الحفر والتفكيك ورفع ناتج الحفر ونقله حسب مقتضيات العمل وفيما يلى نورد ذكر بعض هذه الآلات وشرحها.

الجرافة Scraper — فقد تستعمل جرافة تشغل باليد أو بالبهائم

الجاروف الآلى Power Shovel — عبارة عن عربة مركب عليها آلة بخارية ونش وقب يمر على بكرات عند رأسه حبل معدنى متصل بطنبور الونش ومتصل من طرفه الآخر بجاروف متصل بالقب بذراع يتحرك حركة دورانية حول مفصلة وتركب هذه الاجهزة على صينية فوق العربة حتى يمكن ادارتها فى كل اتجاه والعربة نفسها مجهزة بعجل بحيث يمكن تحريكها من مكان الى آخر على قضبان حديدية والآلة البخارية تقوم بتشغيل الونش وادارة الصينية وتحريك العربة والصورة الفوتوغرافية شكل ٩٩ تبين ذلك

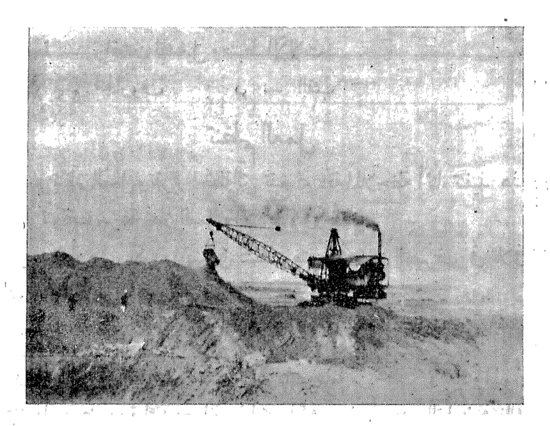


شكل ٩٩

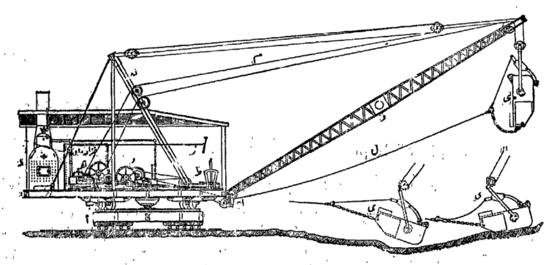
آلة الحفر الجرارة Drag Line — تشبه الجاروف الآلى من حيث الاجهزة المركبة منها الا انه بدلا من اتصال الجاروف مع القب بذراع فانه يدلى من البكرة التى فى أعلا القب بحبل طويل ويتصل الجاروف بحبل آخر يمر عند أسفل القب ويتصل بطنبور الونش ويمكن للعربة أن تتحرك على

سطح الارض بغير قضبان حديدية

وطريقة التشغيل هى ان تتحرك العربة وتسحب معها الجاروف بالحبل فيحفر التربة ويملأ أثناء سيره وبعد أن يتم ملؤه يصير رفعه بالونش والقاء ناتج الحفر فى المكان المخصص لذلك والصورة الفوتوغرافية شكل ١٠٠ وكذا الرسم شكل ١٠١ يبينان ذلك



شكل ١٠٠



شكل ١٠١

والرموز المبينة على الشكل ١٠١ هى

ا — الاطار الاسفل
ب — صينية
ء — مرجل
ل ٬م — حبال توصل الجاروف بالآلات
ں — بكرات
و٬ه — الآلات المحركة والرافعة
ز ٬ ط — رافعتين لتشغيل وضبط الآلات
ى — الجاروف ں — القب

تنظيم العمل

وعلى تنظيم العمل وتقرير الخطة التى تتبع ثم دقة الملاحظة أثناء تنفيذ هذه الخطة تتوقف سرعة نجاز العمل والاقتصاد فى نفقاته

فيجب أن يكون المهندس نشطا ومتنبها وحسن التصرف فى تلافى ماقد يفاجأ به من الصعوبات الغير منظورة

ملاحظة الدقة فى تنفيذ الرسومات

وعليه أن ينفذ التصميم حسب الرسومات تماما من حيث الابعاد والميول وعند مايرى ضرورة لشد جوانب الحفر بالخشب فيجب عدم التهاون فى ذلك لان أى تهاون يتسبب عنه انهيار التربة فيختل نظام العمل وتزداد تكاليفه فضلا عن تعرض أرواح العمال للخطر ويجب ملاحظة نقل ناتج الحفر للموقع المعد لذلك

ميول جوانب الحفر — يلزم أن يراعى فى تصميم جوانب الحفر أن لا تعمل على زاوية مع الافق أكبر من زاوية الشو Angle of Repose ويراعى عمل مساطيح عند مايصل الحفر الى عمق يستدعى ذلك وفى مصر يكفى أن يكون الميل ٢/١ بما فى ذلك المساطيح واما ناتج الحفر فيجب أن يلقى خارج هذا الميل بمسافة كافية لمرور العمال ونقل المواد ووضع أدوات واجهزة الحفر وحتى لا يثقل ناتج الحفر على الميول فيسبب انهيارها

زيادة ونقص حجم التربة بسبب حفرها واعادة ردمها

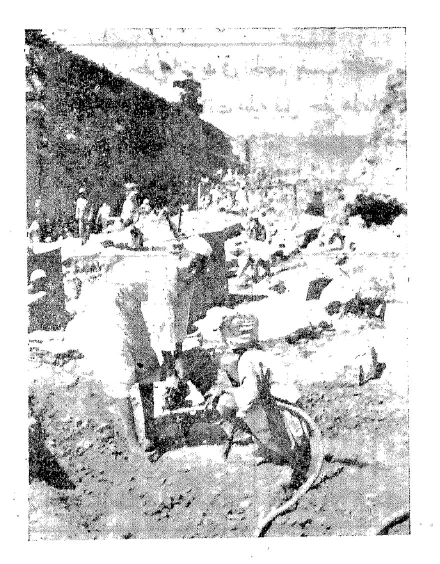
كل انواع التربة عند حفرها تزيد فى الحجم بنسب مختلفة ولكن عند ردمها ثانية تهبط الى حجم أقل مما كانت عليه قبل حفرها ما عدا الصخور فانها تزيد فى الحجم عند كسرها ولكن لا يقل حجمها بعد ردمها عن حجمها قبل الكسر والصخور تزيد نحو ٥٠ ٪ من حجمها عند كسرها وفيما يلى بيان النقص فى حجم انواع التربة بعد ردمها

نوع التربة	نسبة النقص المئوية للحجم
حصا	٨ ٪
حصا ورمل	٩ ٪
طين وتربة طينية	١٠ ٪
التربة الطينية الرملية والرملية الخفيفة	١٢ ٪
التربة النباتية المفككة	١٥ ٪
الطين المخلوط	٢٥ ٪

وعلى ذلك يجب ملاحظة هذه النسب فى انشاء الجسور وان يعمل حساب لهبوطها بعد انشائها فيصير اضافة ارتفاع يضمن معه زيادة المكعب بنسب متفاوتة حسب نوع التربة وبحيث يكون الجسر على الارتفاع المصمم عليه بعد هبوطه

القطع فى الصخور الصماء

يكون عادة باستعمال مواد ناسفة داخل ثقوب تعمل فى الصخر لوضع المواد الناسفة فيها وبانفجارها تتكسر الصخور الى قطع يسهل رفعها ونقلها بالادوات أو الآلات والاجهزة التى تناسب حالة العمل والثقوب تعمل لهذا الغرض اما بمثاقب يدوية أو آلية أى تشغل باليد أو بالقوى المحركة كالهواء المضغوط والبخار والكهرباء والصورة الفوتوغرافية شكل ١٠٢ تبين مثقبا يشغل بالهواء المضغوط



شكل ١٠٢

وعند ما يلجأ الى استعمال المواد الناسفة بالقرب من مبانى أو جهات مأهولة فيجب اتخاذ الحيطة اللازمة لضمان سلامة الأرواح والمنشئات وذلك بمراعاة عدم تناثر اجزاء الصخور الصغيرة الى مسافات بعيدة

ويمكن ملافاة هذه الأخطار بتحديد مقدار وقوة المواد الناسفة التى توضع فى الثقب وتغطيته ببعض فروع الشجر وكتل من الخشب وفى المحاجر تستعمل مواد شديدة الانفجار للحصول على قطع كبيرة من الصخور وكذا فى تكسير الصخور الصماء الصلبة

قطع الصخور تحت الماء

ولقطع الصخور تحت الماء تستعمل مواد شديدة الانفجار داخل غلاف

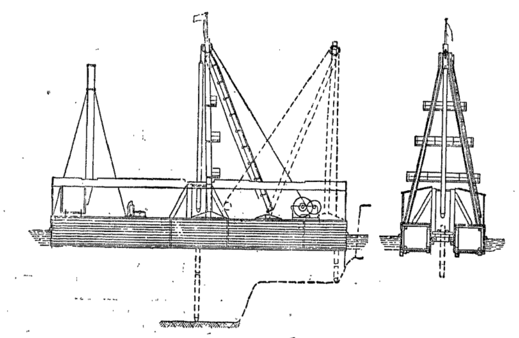
حتى لا يتلفها الماء

فاذا كان المسطح المراد تكسير صخوره تحت الماء صغيرا فيمكن تجفيفه من الماء بواسطة عمل صندوق محيط Coffer Dam حول الموقع و نزح المياه بطلمبة ثم تكسير الصخور بعد كشفها او انزال علبة حول الموقع Caissons و كسح الماء بالهواء المضغوط

فاذا كانت المسطحات كبيرة تستعمل احدى الطريقتين الآتى شرحهما

قاطعة الصخور Rock cutter

وهذه تتكون من كاسور من الصلب يزن من ٤ طن الى ٢٠ طن و ينتهى فى اسفله بقطعة من الصلب الهاش Hardened Steel وهذا الكاسور مقام ومثبت فى نصب على مركب أو عوامة (الشكل ١٠٣ يبين ذلك)



شكل ١٠٣

والكاسور موصل بحبل من الصلب يمر فوق أعلا النصب الى آلة رافعة ونش وهذا الجهاز يشبه جهاز دق الخوازيق وعند ما يصير رفع الكاسور ثم تركه ليسقط فأنه يعمل فى الصخر فيكسره بتأثير قوة الصدمة

مراكب الثقب Drill Boots

مجهزة بخازوق Spud عند كل من أركانها ومثبت عليها مثقب أو أكثر من المثاقب الآلية حسب مقتضيات العمل فعند الاستعمال

تعمل ثقوب بواسطة المثاقب ثم تعبأ بالمواد الناسفة داخل غلاف ثم تشعل المواد الناسفة بواسطة شرارة كهربائية ثم تزال الصخور المكسرة بواسطة كراكات Dredgers

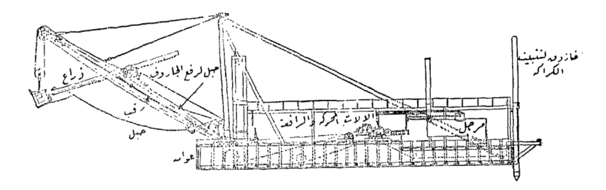
الحفر تحت الماء

حفر التربة والصخور تحت الماء كما هو الحال فى أعمال الرى والملاحة Navigation والموانى يصير اجراؤها بواسطة الكراكات Dredgers اذا كان اتساع العمل ومسطحه يسمحان بذلك فاذا لم تسمح حالة العمل بذلك من حيث المسطح وكذا اذا كان العمق كبيرا وظروف العمل غير مناسبة لاستعمال الكراكات فتستعمل الصناديق المحيطة Coffer Dams أو العلب Caissons القاطعة للماء وهذه سيأتى الكلام عليها تفصيلا فى الباب الحادى عشر

الكراكات Dredgers

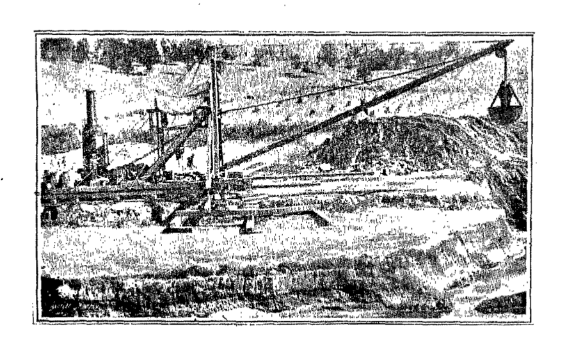
الكراكات الشائعة الاستعمال على اربعة انواع يستعمل كل نوع منها فى التربة التى يصلح لها وفى حالات الحفر التى تناسبه

١ — فالكراكة ذات الجاروف Dipper Dredger تستعمل فى جميع انواع التربة ويمكن بواسطتها ازالة الخوازيق وجذوع الاشجار والصخور وقوة دفع الجاروف تجعل هذا النوع صالحا للعمل فى كل انواع التربة التى لا يمكن حفرها بواسطة أنواع الكراكات الأخرى وهى مجهزة بمرجل Boiler ومغذية للماء وجهاز للتنقية Purification System لغرض تنقية مياه المرجل وذراع Boom مركب فى طرفه الجاروف Dipper ومركب على صينية يمكن ادارتها على عجل وكل هذه الاجهزة مثبتة فى جسم عائم كمركب والشكل ١٠٤ يبين ذلك



شكل ١٠٤

٢ ـ الكراكةذات الدلو ـ Grab Bucket Dredger تشبه الكراكة ذات الجاروف الا أنها ذات ذراع أطول ويبلغ نحو ٤٠ مترا ويستعمل معها جملة أشكال من الدلاء منها ما هو على شكل قشرة البرتقالة Orange Peel ومتصل بالدلو سلسلتين أو حبلين من السلك أحـــدهما لضم أجزاء الدلو بعد ملئه الى بعضها حتى لايسقط منه ناتج الحفر والآخر لفتحه عند تفريغه والصورة الفوتوغرافية شكل ١٠٥ تبين كراكة ذات دلو

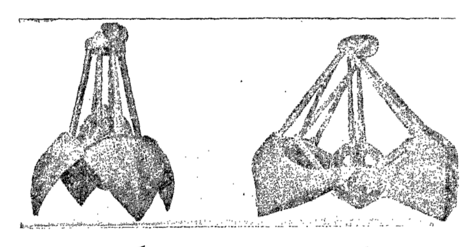


شكل ١٠٥

وهذا النوع من الكراكات لا يشغل الا حيزا صغيرا وعلى ذلك يمكن استعماله على عوامات فى الترع وفى المجارى ذات الأعماق الصغيرة

كما أنه يمكن وضعه على درافيل Rollers وتحريكها على سطح الارض

ويستعمل فى حفر التربة السهلة مثل الطمى وبواسطة (دلو البطلينوس) أو بواسطة دلو قشرة البرتقالة Clam Shell Bucket يمكن ازالة الاجسام الصلبة والصخور المكسرة وجذوع الاشجار والخوازيق القديمة والشكل ١٠٦ يبين دلو قشرة البرتقالة و ١٠٧ يبين دلو (البطلينوس)



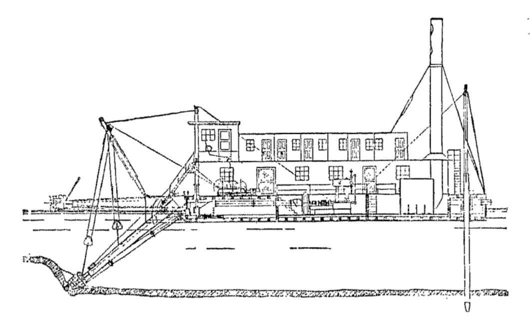
شكل ١٠٦ شكل ١٠٧

٣ — الكراكة ذات الطلمبة الطاردة المركزيه Hydraulic Dredger

يمكن استعمالها بنجاح فى أنواع التربة السهلة مثل الطين الناعم والرمال الناعمه وهذه الكراكة مجهزة بدلا من الجاروف أو الدلاء بسكاكين تتحرك حركة دورانية لقطع التربة وحملها مع الماء داخل ماسورة المص لطلمبة طاردة مركزية Centrifugal Pump مجهزة بها الكراكة فترفع التربة ممزوجة بالماء الى ماسورة الطرد لنقلها للموقع المعد لهذا الغرض ويمكن التخلص من المياه الزائدة بواسطة مصاف تعمل فى ماسورة الطرد وخصوصا اذا أريد الاحتفاظ بالرمال والتربة لردم برك او انشاء جسور اوماشابه ذلك ويجب التأكد اثناء العمل ان السكاكين تعمل فى التربة وان المياه التى ترفع تكون محملة بالتربة والا فان كل الوقود الذى يستهلك يكون لرفع مياه خالية من التربة

والماسورة الماصة مجهزة بوصلة متحركة بحيث يمكن رفعها وخفضها حسب مقتضيات العمل والشكل ١٠٨ يبين كراكة من هذا النوع

٤ ـ الكراكة ذات السلم ـ Ladder Dredger تفضلها الكراكات السابقة نظرا لثمنها الباهظ وللتكاليف الكبيرة التى يتكلفها استعمال الكراكة ذات السلم



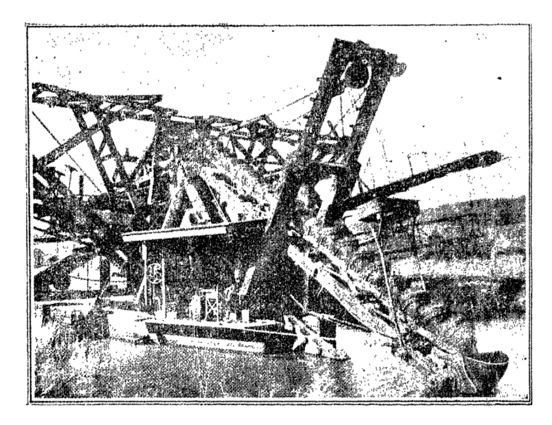
شكل ١٠٨

ولكن يمكن الحفر بها فى أعماق كبيرة من الماء لا يتيسر العمل فيها بواسطة الكراكة ذات الجاروف وكلما اتسع مجال العمل كلما كانت الكراكة ذات السلم أصلح وتتكون من جسم عائم مجهز بالآلات المحركة والات الحفر وسلم من الخشب تتحرك عليه دلاء متصلة بسلسلة واحيانا تكون الكراكة مجهزة بانواع مختلفة من الكواسير أو السكاكين لقطع وتكسير الصخور لتسهيل حملها بالدلاء الى أعلا وتجهز الكراكة ايضا بأجهزة للتخلص من ناتج الحفر بعد رفعه الى اعلا السلم فيلقى بواسطتها الى مركب لنقلها وينقل بوسائل اخرى

ويمكن رفع وخفض السلم حسب مقتضيات العمل ويمكن الحفر بواسطة هذه الكراكة فى كل انواع التربة وفى الاعماق الكبيرة من المياه ولكن عند مايكون مجال العمل صغيرا يكون استعمالها قليل الانتاج والصورة الفوتوغرافيه شكل ١٠٩ تبين كراكة من هذا النوع

نقل ناتج الحفر

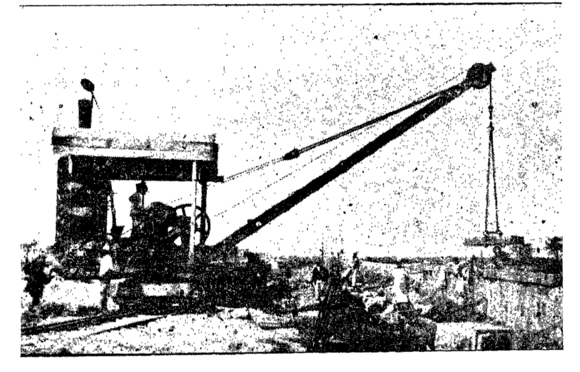
يستعمل فى نقل ناتج الحفر وسائل مختلفة ففى المسافات القريبة تنقل بواسطة الايدى وقد تنقل بواسطة البهائم وفى المسافات البعيدة تنقل بواسطة عربات تجر بالبهائم أو تدفع بالرجال أو تسير على خط سكة حديد بواسطة البخار وفى الكراكات تنقل بالمراكب احيانا اذا كان العمل بعيدا عن الشواطىء



شكل ١٠٩

رفع ناتج الحفر

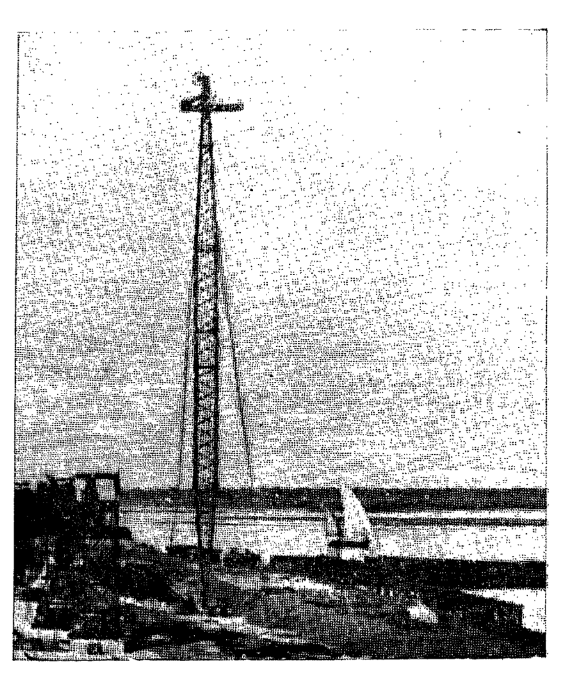
يرفع ناتج الحفر فى الارتفاعات الصغيرة بواسطة الرجال أو بواسطة دلاء تدلى من سطح الأرض متصلة بنصب وتشغل الدلاء بونش يدوى او آلى واحيانا



شكل ١١٠

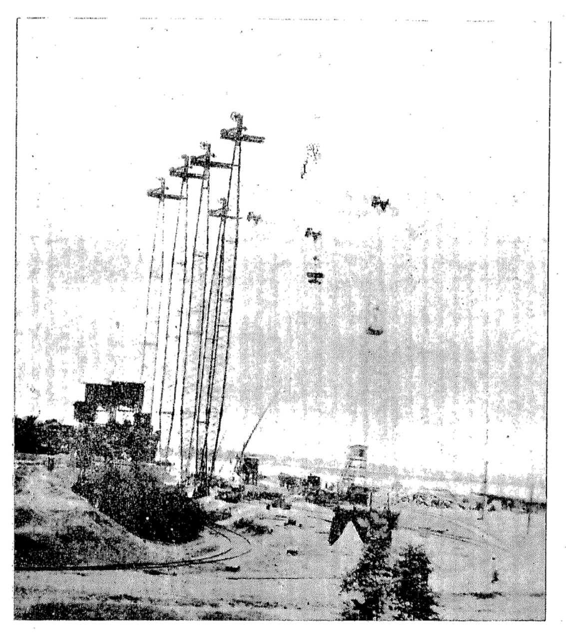
يكون الونش مجهزا بذراع طويل مركب على صينية ليمكن ادارته ويسمى هذا النوع الاخير من الدلاء Derrick & Hoist Bucket ويسمى الونش Derrick & Hoist والشكل ١١٠ يبين ونشا من هذا النوع

الابراج والحبال المعدنية وقد ترفع مواد الحفر وتنقل بواسطة أسلاك معلقة على ابراج أو صوارى عند طرفيها وتسمى هذه الطريقة Fall line cable وتستعمل عادة عند مايكون اتساع الحفر كبيرا جدا كما هو الحال فى الانهار والوديان



شكل ١١١

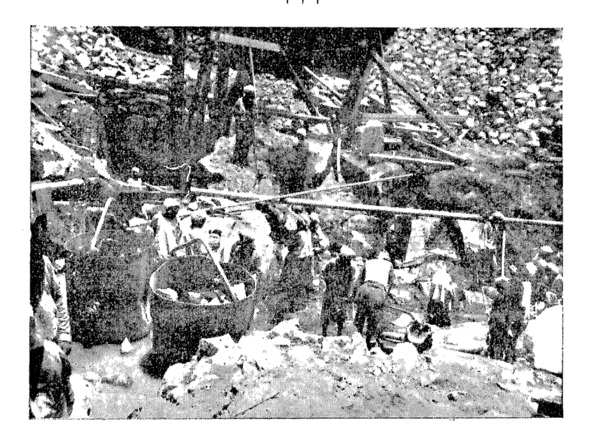
والاجهزة اللازمة فى هذه الحالة هى آلة بخارية أومولد كهربائى أومضاغط هوائيه ثم الابراج المعلق بها الاسلاك لنقل الدلاء وهذه الدلاء تدلى من الاسلاك الى العمال فتملأ بناتج الحفر ثم ترفع وتنقل على الاسلاك الى موقع القاء الحفر والصورة الفوتوغرافية شكل ١١١ تبين صاريا وشكل ١١٢ يبين أربعة صوارى



شكل ١١٢

والدلاء مدلاة من الاسلاك والشكل ١١٣ يبين دلاء يملؤها العمال

غرفة تلقى الاشارات — ولمعرفة المكان المراد ارسال الدلاء اليه لملئها بالعمال الذين يعملون بالحفر يعطى أحد العمال اشارة لعامل فى غرفة خاصة بتلقى الاشارات فيرسل الدلاء الى هذا الموقع ويدليها وبعد ملئها بناتج الحفر



شكل ١١٣



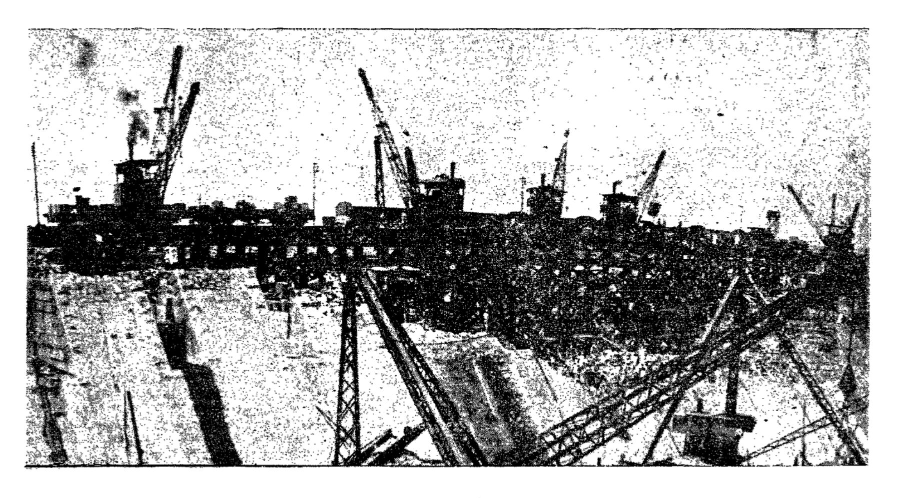
شكل ١١٤

يعطى اشارة ثانية فترفع الدلاء وترسل الى مكان القاء ناتج الحفر

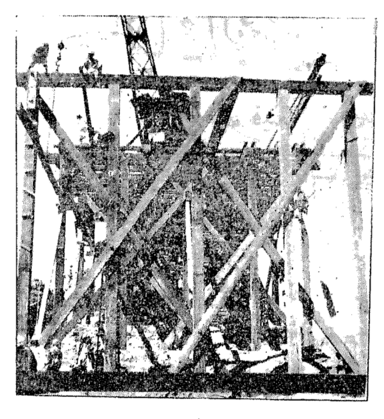
والصورة الفوتوغرافية شكل ١١٤ تبين غرفة تلقى الاشارات والمحرك الكهربائى

الكبارى المؤقته

فى الاعمال Gantry التى فى الانهار وماالها تعمل كبارى مؤقته متينة من خوازيق خشبية وأربطة وتعمل أرضيتها من



شكل ١١٥



شكل ١١٦

الكتل الخشبية والالواح ويمد على سطح الكوبرى خطوط سكة حديد لنقل المواد وناتج الحفر وتوضع على سطح الكوبرى اوناش من نوع Derrick and Hoist لرفع وتدلية الدلاء الى العمال لملئها بناتج الحفر أولاً ولأخذ المواد منها والصورة الفرتوغرافية شكل ١١٥ تبين جزءا من طول كوبرى مؤقت وشكل ١١٦ يبين منظر نهاية الكوبرى

وقد تعمل كبارى مؤقته بسطح خشبى محمل على بغال بنائية

الباب الخامس

المياه الجوفيه

آثارها وطرق التخلص منها

الصعوبات التى يلاقيها المهندس أثناء الحفر تنحصر عادة فى رداءة نوع التربة الناشىء عن تركيبها وحالة تكوينها الجيولوجى وفى الماء الذى يظهر فى الحفر على أعماق تختلف تبعا للمنطقة الجارى الحفر فيها وتبعا لسماح طبقات التربة لرشح المياه بين حباتها Permeability ويظهر الماء عادة فى شكل رشح متفاوت الدرجات من رشح خفيف الى خرير غزير وقد يظهر المـاء بشكل عيون Springs

أما الصعوبات الناشئة عن تركيب التربة وتكوينها الجيولوجى فيمكن للمهندس ان يتلافاها بسندجوانب الحفر بشدة من الخشب وتكون الشدة من نوع يناسب حالة التربة وفى الباب السادس نشرح هذا باسهاب اما المياه الجوفية فتختلف طرق ملافاتها ومكافحتها تبعا لكميتها وسنشرح ذلك باسهاب فيما يلى

المياه الجوفية

المياه الجوفية — هى نتيجة للامطار التى تنقسم عند هبوطها الى أربعة أقسام قسم يسيل فى مجارى الانهار وقسم يفقد بالتبخر وقسم يغور فى طبقات التربة متخللا الشقوق والفجوات والمسام ويبقى بين طبقات التربة المنخفضة المنسوب. وجزء مما يغور فى التربة الى طبقاتها المنخفضة المنسوب يعود الى الطبقة السطحية بتأثير الخاصة الشعرية Capillarity وبامتصاص جذور النباتات له. وهذا هو القسم الرابع

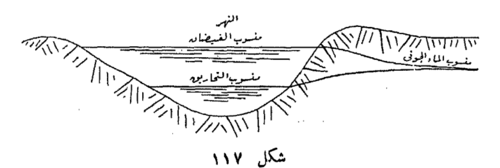
والقسم الثالث وهو ما يبقى فى باطن الأرض هو ما يظهر فى الآبار التى تحفر فى مصر لغرض رى المزروعات فى الحياض Basins وفى المناطق البعيدة عن الترع وان كان يعبر عن هذه الآبار بأنها آبار ارتوازيه Artesian الا أن هذا

التعبير خاطىء

وهذا القسم هو مايظهر أيضا فى المستنقعات المنحطة والتى منسوبها منخفض عن منسوب المياه الجوفيه وتختلف كميات المياه التى بالتربة تبعا لتركيب التربة فالرملـــية المسامية تحوى كثيرا من المياه وكـذا الحصى المفكك أما الطينية المندمجة فلا تحوى الا قليلا

والمياه التى تصادف المهندس عند اجراء الحفر للاساسات والأعمال الأخرى هى المياه الجوفية والمنسوب الذى تظهر عنده المياه يسمى منسوب المـاء الجوفى Underground Water Level أو Water Table وهذا السطح لا يكون أفقيا بل منحدرا ويختلف باختلاف الزمن وبمناسيب مجارى المياه القريبة كالانهار والترع ففى مصر مثلا يتأثر منسوب الماء الجوفى كثيراً بمنسوب نهر النيل فيرتفع مع فيضان النيـل وهو فى الفيضانات العالية على منسوب أعلا منـــه فى الفيضانات المتوسطة والمنخفضة ثم ينخفض وقت التحاريق مع انخفاض منسوب النهر ففى زمن الفيضان ترشح ميـاه النهر الى التربة وفى زمن التحاريق ترشح ميـاه التربة الجوفية الى النهر وهذا يؤثر على تصرف النهر بالعجز أو بالزيادة

والمواقع القريبة من النيـل هى التى تكون أكثر تأثراً بمنسوبه وتكون عندها الاختلافات فى منسوب الماء الجوفى كبيرة اما المواقع البعيدة عن النهر فتكون الاختلافات عنـدها قليلة وقد تكون معدومة نظرا لبطء حركة الماء من والى النهر



شكل ١١٧

مما تقدم يتضح أن منسوب المـاء الجوفى منحدر وليس أفقيا والشكل ١١٧ يبين حالة سطح الماء الجوفى فى الفيضان والتحاريق فاذا صادف الماء الجوفى

طبقة لا تسمح بمروره Impermeable فانه ينحدر على سطحها حتى يقابل طبقة تسمح بذلك وقد تنحبس الميــاه بين طبقتين لا تسمحان بمرورها اذا كان يتخللهما طبقة مسامية

وانحدار الماء الجوفى يقاس بالزاوية التى بين سطح الماء والافق فاذا رمزنا لانحدار الماء بالرمز ح وللزاوية التى بين سطح الماء والافق بالرمز ﻫ فان ح = ظا ﻫ ويسمى انحدار سطح المــاء الجوفى Gradient of Water Table فاذا فرضنا سرعة المياه الجوفية ع فان ع = ث × ح وفيها ث مقدار ثابت ويختلف باختلاف حجم حبات التربة ومقدار قابليتها للرشح

وقد دلت المشاهدات على انه اذا كانت ع = ١ م فى الكيلومتر أى ٠٠١ر٠ فان ع تكون ٨٥٠ م فى السنة تقريبا

ومن القانون ع = ث×ح يكون ٨٥٠=ث×٠٠١ر٠ × ٨٦٤٠٠ × ٣٦٥

∴ ث = ٠٢٧ر٠ م فى الثانية

أما فى الرمال الرفيعة فان ث تقل الى نحو ٠٠٢ر٠ م/ الثانية

وفى الطين المندمج تكاد تتلاشى

ارتباط الاساس بمنسوب الماء الجوفى

مما تقدم يتضح أنه من المهم جدا النزول بالحفر للتأسيس بالقرب من النهر الى ما تحت أوطى منسوب للماء الجوفى وخصوصا اذا كانت التربة من النوع الناعم أو الذى يندمج ويهبط بتأثير ارتفاع المياه فتهبط معـــه الاساسات والمنشئات التى فوقها ويتولد عن ذلك تداعى الاساسات وتصدع المبانى

أما اذا كانت التربة من الرمال الخرشنة أو الحصا والتى لا تتأثر بتغيير منسوب الماء فلا مانع من التأسيس عليها بين أعلا وأوطى منسوب للماء الجوفى

التخلص من الماء الجوفى

وفيما يلى نشرح الطرق التى يجب على المهندس استعمالها عند مصادفته الماء الجوفى أثناء الحفر

يحسن اذا ظهر للمهندس من مباحثــه الاولية انه سيصادف مياه الرشح أثناء التنفيذ أن يعدل تصميمه برفع منسوب الاساس فاذا اضطر لجعل الاساس على منسوب منخفض عن منسوب الماء الجوفى فعليه أن يستعد لملافاة أضرارها ومكافحتها وأن يصمم الاساس مع اعتبار تأثير المياه عليـه وعلى البناء الذى فوقه وعليه أن يجعل فى حسبانه رشح الماء من المبانى التى تحت منسوب الماء الجوفى فيعمل تصميمه بحيث تكون المبانى قاطعة للماء Water Proof ولذلك طرق كثيرة سنذكرها فى الباب التاسع

فاذا ماصادف المهندس المـاء أثناء التنفيذ فعليه نزحه حالا لضمان سلامة الاساس والبناء الذى فوقه لان الخرسانه التى توضع فى الماء تفقد كثيرا من قوتهـا

طرق نزح المـاء

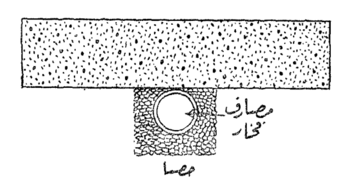
النزح بدلاء أو طلمبات ـ وطريقة النزح تختلف تبعا لغزارة كمية الرشح فاذا كانت قليلة فتنزح بواسطة دلاء أو بواسطة طلمبة يدوية فاذا رأى المهندس أن هذه الوسائل غير كافية فتستعمل طلمبة آلية Power Pump ويعمل النزح من بيارة أوطى من منسوب الحفر ويختار موقعها بحيث يمكن استعمالها الى أن تشك خرسانة الاساس ويضمن عدم اضرار الماء بها

ويمكن للمهندس أن يحفر تحت منسوب التصميم نحو ١٥ سم ويملأها بالدقشوم أو الحصا لترشح المياه من بينه الى بيارة الطلمبة

استعمال مصارف فخار

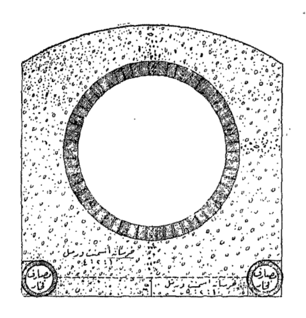
كما أنه يمكن أيضا أن يستعمل بنجاح مصارف من مواسير الفخار الحجرى Stone Ware Pipes دون لحام وصلاتها وتوضع تحت منسوب الحفر أو فوقه والغرض من المواسير هو تصريف الماء الى بيارة الطلمبة وعند الانتهاء من نزح المياه تسد نهايات المصارف بسدادات وتصب هــذه المصارف بالاسمنت اللبانى تحت ضاغط أو تبقى دون سدها وصبها لصرف المياه التى حول الموقع بصفة مستديمة الا اذا كانت المصارف فوق منسوب

الاساس فيجب صبها والشكل ١١٨ يبين ذلك



شكل ١١٨

وقد تلقى طبقة من الخرسانة الضعيفة لتقليل رشح الماء ثم توضع المصارف الفخار ولا تحسب الطبقة الخرسانية الضعيفة ضمن سمك الاساس والشكل ١١٩ يبين ذلك



شكل ١١٩

استعمال ستائر

وقد تسند جوانب الحفر بستائر لمنع مياه الرشح أو تقليله

الحقن بالاسمنت اللبانى والمواد الكيماوية

وقد تحقن التربة بالاسمنت اللبانى أو بالمواد الكيماوية لوقف مياه الرشح أو تقليل غزارتها والشكل ١٢٠ يبين المواسير لحقن التربة قبل وضع الاساس



شكل ١٢٠

خفض منسوب الماء الجوفى

فاذا رؤى أن كل هذه الطرق لا تفى بالغرض وأن غزارة الماء تتغلب مع استعمال هذه الطرق فانجع الطرق لمكافحتها هى العمل على خفض منسوب الماء الجوفى وهذه الطريقة غالبا ما تكون ناجحة وخصوصا فى التربة الرملية فيحاط موقع الحفر بخط من المواسير من قطر ٣″ الى ٦″ على منسوب يقرب من منسوب الماء الجوفى وادخال مواسير رأسية فى خط المواسير السابق ذكره على مسافات أفقية متساوية من بعضها بحيث تبرز هذه المواسير الرأسية تحت منسوب خط المواسير المحيط بالموقع الى المنسوب المرغوب

وبجهز المواسير الراسية باقدام ذات اشكال خاصة واجزاء مخرمة Perforated ومصافى Screens وبسدادات لحجز التربة من أن تنزح مع الماء وتوصل المواسير الى مجموعة قوية من الطلمبات لنزح المياه من داخل التربة وخفض منسوب الماء الجوفى

فأذا كان الحفر فى مواقع محدودة فيمكن التخلص من الماء بواسطة طرده بالهواء المضغوط من داخل العلب

العيون

ان ظهرت عيون أثناء الحفر فتصرف بمجارى خارج الحفر وتترك حرة حتى يتم وضع الاساس وشكه

وفى هذه الحالة يبنى حول العين بارتفاع خرسانة الاساس وتعمل فتحة فى أحد جوانب البناء توصل الى مجرى يذهب بالماء الى خارج الاساس

وتعالج العيون أيضا باحاطتها ببناء غير مفتوح من أى جانب ويرتفع الى المنسوب الذى تستقر عنده مياه العين أو فوقه بقليل وبعد وضع الاساس وشكه تماما توضع ماسورة مخرمة فوق العين تماما ويوضع حول الماسورة حصا أودقشوم لملء الفراغ الذى بين الماسورة المخرمة والبناء الذى حول العين ويكون الدقشوم والماسورة المخرمة الى منسوب سطح خرسانة الاساس ثم توضع ماسورة غير مخرمة كغلاف فوق منسوب سطح الاساس وبالارتفاع المرغوب صب الاسمنت منه ثم يصب الاسمنت اللبانى تحت ضاغط يكفى لطرد الماء من الماسورة وسق فجوات الحصا ولحامات المبانى التى حوله ثم ترفع ماسورة الغلاف

وسنشرح باسهاب طرق الصب والحقن بالاسمنت اللبانى والموادالاخرى والاغراض التى تستعمل لها فيما يلى

السقى والحقن بالاسمنت اللبانى

الاسمنت اللبانى هو اسمنت مخلوط بكمية من الماء كافية لان يصير قوامه شبه سائل واستعماله شائع فى كثير من الاعمال الهندسية فيستعمل فى تقوية الاساسات القديمة وفى انشاء الاساسات الحديثة التى تحت الماء وفى حقن

التربة ذات المسام لتجميدها وتقويتها ولسد الشقوق والفلوج التى بها لمنع الرشح منها وفى سق رصف الطرق

ففى بعض الطرق الثانوية ترصف الطرق بحصا أو دقشوم جاف ثم يصب فوقها اسمنت لبانى وتدك بالهراس فعند ما يشك الاسمنت يصبح الرصف جسما متماسكا كالخرسان المخلوط

والذى يهمنا فى صدد الاساسات هو استعمال الاسمنت اللبانى فى الاعمال الآتية

أولا — لسقى الاساسات القديمة لملء الفجوات التى بها والتى قد يكون منشؤها عدم العناية الكافية بخلط الخرسانة أو بتهيئة الظروف الملائمة عند عمل الاساس كأن تكون الخرسانة القيت فى الماء مثلا أو بأى طريقة غير أصولية

ثانياً — صب الاسمنت اللبانى لعمل خرسانة الاساس تحت الماء بأن يملأ موقع الاساس بالدقشوم ثم يسقى بالاسمنت اللبانى تحت ضاغط Under a Head أو بواسطة مضخة تضغط الاسمنت اللبانى بالهواء المضغوط أو بأى وسيلة اخرى

ثالثا — حقن التربة بالاسمنت اللبانى لملء مسامها وتجميدها ويعمل الحقن باسمنت لبانى مضغوط فيوضع الاسمنت اللبانى فى خزان يتصل بواسطة خرطوم بثقوب أو مواسير داخل التربة ويضغط الاسمنت اللبانى داخل الثقوب بهواء مضغوط يسلط عليه

ومن المدهش أن تنجح عمليات السقى والحقن بالاسمنت اللبانى مع نسبة المياه الكبيرة التى يحويها فقد يحوى احيانا حول ٥٠ ٪ أو اكثر من الماء مع ان المسلم به أن زيادة نسبة الماء فى الاسمنت عن مقدار معين تضعف قوته وقد عملت تجارب على ذلك فوجد ان جهد الشد للاسمنت بعد اسبوع كالآتى

اسمنت مخلوط بنسبة ٢٣ ٪ من الماء (وهى اقل نسبة لتحضير عجينة) وجد ان جهد الشد هو ٧٥٠ رطل / البوصة المربعة

اسمنت مخلوط نسبة ٤٠ ٪ من الماء (لبانى) وجد ان جهد الشد هو ٤٥٠ رطل

على البوصة المربعة ويعزى نجاح عمليات السقى والحقن بالاسمنت اللبانى مع وجود هذه النسب الكبيرة من الماء الى ان الماء الزائد عن حاجة الاسمنت لاحراز اقصى قوة له ينفصل عن المخلوط اثناء العملية اما

١ — بالامتصاص Absorption

٢ — او بالرشح Infiltration

٣ — او بالتبخر Evaporation

ففى تقوية الاساسات قد يحدث ان التربة تمتص الماء الزائد او انه يرشح فى احدى الطبقات المسامية كما انه يحتمل ان يتبخر الماء اذا كان الحقن او السقى فى الطبقات السطحية

وقد عملت تجارب لمعرفة تأثير الامتصاص فعملت قطعة اختبار Test Briquette على قاعدة ماصة Absorbant Base بدلا من القاعدة الحديد المعتاد استعمالها فى عمل قوالب الاختبار فكانت النتائج بعد سبعة ايام كالآتى

اسمنت مخلوط بنسبة ٢٣ ٪ من الماء جهد الشد ٧٥٠ رطل / البوصة المربعة

اسمنت مخلوط بنسبة ٤٠ ٪ من الماء جهد الشد ٤٥٠ رطل / البوصة المربعة على قاعدة حديد

اسمنت مخلوط بنسبة ٤٠ ٪ من الماء على قاعدة ماصة

جهد الشد ٧٧٠ رطل / البوصة المربعة وقد يظن ان استعمال الاسمنت السريع التجمد Quick Setting يفيد فى عمليات السقى والحقن الا ان التجارب التى اجريت باسمنت من هذا النوع ظهر فشلها لانه لا يوجد الوقت الكافى لتجهيز واستعمال الاسمنت قبل بدء تجمده

وخاصية نعومة الاسمنت Fineness لها اثر هام فى نجاح عمليات السقى والحقن نظرا لدقة المسام فى بعض انواع التربة وعلى ذلك فالاسمنت الاكثر نعومة انجح فى مثل هذه العمليات

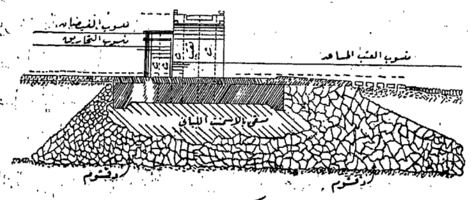
سقى فرش قناطر الدلتا

وخير مثل نسوقه لتقوية الاساسات القديمة بالاسمنت اللبانى هو تقوية فرش قناطر الدلتا وقد عمل ذلك بسبب حدوث هبوط وزحف جزء من القناطر

والطريقة التى اتبعت هى عمل ثقوب فى كل بغلة Pier من البغال وهذه البغال سمكها ٢٫٠٠ متر والمسافات بين محاورها ٧ متر وعدد الثقوب التى عملت فى كل بغلة كانت خمسة ثقوب على ابعادمتساوية تقريبا وعملت الثقوب داخل البغال والفرشة الى منسوب قاع النهر الطبيعى

ولكن فى الاجزاء التى كان الفرش فيها يرتكزعلى دقشوم Rubble فان الثقوب عملت الى أسفل منسوب الفرش وامتدت داخل الدقشوم بمسافة صغيرة

ثم صار تنظيف هذه الثقوب من فتات المبانى والخرسانة ومن الطمى الى منسوب اوطى من منسوب الفرش نحو متر ثم صب الاسمنت اللبانى من ثقب واحد بواسطة دلاء Buckets وكان الضغط من أعمدة الاسمنت فى الثقوب القصيرة ١٫٧٦ طن على القدم المربع ومن الثقوب الطويله ٢٫٤٠ طن والقطاع المبين بالشكل ١٢١ هو قطاع فى جزء من قناطر رشيد واساسه



شكل ١٢١

موضوع فوق دقشوم وكان الغرض من هذه العملية هو ملء فجوات الدقشوم لعمق معين بالاسمنت وملء باقى الفجوات التى تحت الفرش فى الاجزاء الغير مبنية على دقشوم وملء الشروخ التى حدثت وكل فجوات بالاساس وكذا ملء الثقوب المرموز لها بحرف ث

الحائط المتوسط لعتب قناطر الدلتا

ولنورد هنا كمثل لسقى المبانى التى تعمل تحت الماء ماعمـــل

فى الحائط المتوسط Core wall أو حائط القلب للاعتاب التى عملت خلف قناطر الدلتا لتقليل الضغط الواقع عليها

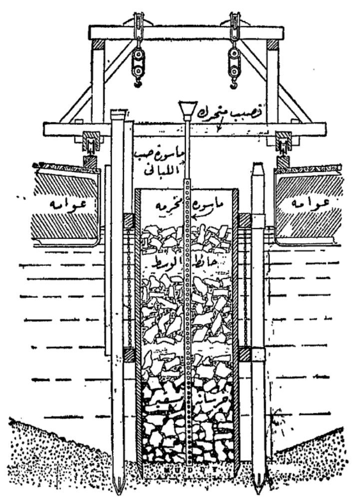
وهذه الحائط عبارة عن كتلة من الدقشوم سمك ٣٫٠٠ متر وتختلف فى الارتفاع من ١٨٫٥ قدم الى ٢٤٫٥ قدم والحوائط أنشئت تحت الماء بصب الاسمنت اللبانى وكان ارتفاع الماء يختلف من ٢٠ الى ٢٥ قدم وبدىء العمل بحفر خندق عبر النهر بكراكات الى العمق المرغوب ثم عمل صندوق الحائط فى هذا الخندق بواسطة دق خوازيق وعمل تلويحة من الخشب وعمـل كل ذلك من سطح عوامتين وقد لوحظت دقة تخطيط الصندوق فى الخط المعين تماماً وعمـل الصندوق على اجـزاء طول كل منها ١٠ متر وبالعرض اللازم للحائط ومقداره ٣ متر واتخذت احتياطات لتغطية جوانب الصندوق بقماش خاص لعدم تسرب الاسمنت اللبانى الى خارجه

ثم صار تثبيت أربعة مواسير مخرمة رأسيا من قطر ٥ً فى محور الصندوق على مسافات ٨ أقدام من بعضها ووضع بداخل كل من هذه المواسيرماسورة غير مخرمة من قطر ٣ً وكانت هذه المواسير الاخيرة عبـارة عن قطع متصلة ببعضها بقلاووظات بحيث يمكن فك وصلات منها كلما ارتفع المنسوب الذى يعمل عليه السقى

سقى الصندوق ـ بعد ان تم انشاء الصندوق صار ملئه الى منسوب المـاء بالدقشوم من أحجام مختلفة ولوحظ أثناء ملء الصندوق أن يملأ الفراغ الذى بين الدقشوم الـكبير الحجم بالدقشوم الصغير بقدر المستطاع

ثم صار خلط الاسمنت الى القوام المناسب فوق المراكب وصار صبه من الدلاء فى الاقماع الموضوعة أعلا مواسير الصب وكانت الاقماع مغطاة بمصافى لمنع المواد الغريبة من دخول المواسير مع الاسمنت اللبانى. ولوحظ أن يكون قدم الماسورة قطر ٣ً أعلا بنحو ١ً أو ٢ً من القاع حتى يمكن للاسمنت

أن يتسرب من خروم الماسورة قطر ٥" لملء الفراغ الموجود فى الدقشوم



شكل ١٢٢

والشكل نمرة ١٢٢ يبين هذه العملية

وكانت الماسورة قطر ٣" تسحب الى أعلا كلما ارتفع منسوب الاسمنت اللبانى فى الدقشوم وكلما دعت الحال كانت تفك وصلة من وصلاتها وكان الصب يعمل فى كل ماسورتين من الاربعة فى وقت واحد والماسورتين الأخرتين كانتا مجهزتين بكرتين من الخشب معلقتين من بكرتين فوق الماسورتين ومعاق بالطرف الآخر للحبل ثقل وكل من الكرتين مجهزة بثقل بحيث تعوم فى مخلوط الاسمنت اللبانى وتغطس فى الماء وعلى هذا كانت ترتفع الكرتين كلما ارتفع الاسمنت اللبانى داخل الماسورتين وكان ارتفاع الاسمنت يقاس على مقياس خاص وكان كلما ارتفع الاسمنت بالماسورتين الجارى العمل بهما ١٨" يصير تغيير مواقع الكرتين بنقلهما الى الماسورتين الجارى الصب فيهما

والبدء بالصب فى الماسورتين الآخرتين ولوحظ عدم البدء فى سقى طبقة قبل تمام شك الطبقة التى تحتها وفى أقل من ٢٤ ساعة كانت الحائط ذات قوام كاف لان تقف دون سندها فرفع الصندوق من حولها وعمل حول طول آخر من الخندق صندوق ذو ثلاث جوانب فقط

الحقن

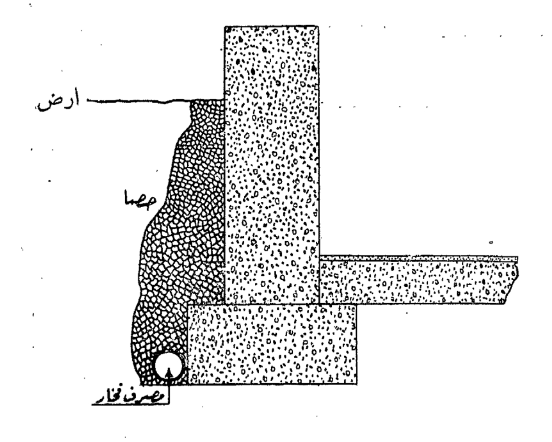
يستعمل لحقن التربة لتجميدها وزيادة قوة تحملها مخلوط من الاسمنت ومحلول السليكات تحقن به التربة تحت تأثير ضغط كبير

ويستعمل الالمان فى حقن التربة للغرض السابق أيضا محاليل كيمائية فيوضع محلولين مختلفى التركيب فى خزانين ويطلق عليهما نمرة ١ ونمرة ٢ ويتصل بكل خزان خرطوم وينتهى هذين الخرطومين الى مشترك ويضغط المحلولين فى وقت واحد داخل الخرطومين وعند ما ينتهيان الى المشترك ويتحدان يحصل بينهما تفاعل كيمائى ويتصل المشترك بالتربة فعند مايصل المحلولين الى التربة تتجمد بتفاعلات كيماوية ولكن مايخشى منه هو انه حيث ان التجمد كان نتيجة لتفاعل كيمائى فقد تتفكك التربة ثانية تحت تأثير تفاعلات كيمائية قد تنشأ من تأثير الاحماض أو الأملاح التى بالماء الجوفى

التعويم

ومن التأثيرات السيئة الاخرى التى يحدثها وجود الماء الجوفى تحت الاساسات او بين الاساس وجسم البناء هو العمل على رفع البناء بقوة ضغط الماء تحته وهذا يقلل من مقدار الأحمال الراسية الواقعة على الاساس والتى هى أهم عامل فى ثبات البناء Stability

علاج التعويم — ولعلاج ذلك يحسن صرف المناطق التى فيها الماء بمصارف من الفخار الحجرى بدون لحام وصلاتها توضع تحت منسوب الأساس ويحوط حول البناء تحت منسوب الماء الجوفى برمال وحصا كما هو مبين بالشكل ١٢٣ للسماح للماء بالتسرب الى المصارف الفخار وهذه المصارف ذات فائدة كبيرة



شكل ١٢٣

نظرية التعويم

وفيما يلى شرح لنظرية الرفع أو التعويم Buoyancy نفرض أن الفرق بين منسوب المياه الجوفى ومنسوب سطح الاساس الاسفل هو ع فأن الضغط الى أعلا Upward Pressure بتأثير الماء تحت الاساس هو ض = ع × ى اذا كانت ى الثقل النوعى للماء

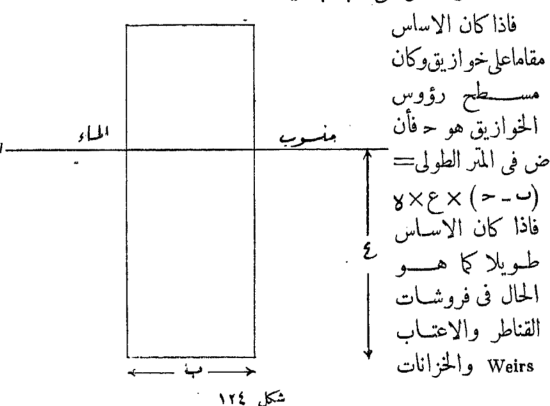
وقوة الرفع أو التعويم على جسم مغمور بالمياه مساوية لوزن جسم الماء الذى حجمه مساو لحجم الجسم المغمور ونقطة تأثير هذه القوة C. P تتحد مع مركز الثقل C. G لحجم الماء الذى حل محله الجسم

ونفس هذه النظرية تسرى على الجسم اذا كان مغمورا بالماء غمراً جزئيا كما هو الحال فى المنشئات التى يكون جزء منها تحت منسوب الماء الجوفى

فأذا فرضنا أن التربة تحت الاساس بها فجوات ٥٠ ٪ فأن الضغط الى أعلا ض على أساس مسطحه فى المتر الطولى ب شكل ١٢٤ هو

ض = $\frac{...}{٢}$ × ب ×ع × ٧ ولكن لجانب الأمن يمكن اعتبار ان الماء يؤثر على مسطح الاساس كله ويكون ض فى المتر الطولى = ب × ع × ٧ وهذه القوة تعمل على قلب البناء Overturning

فاذا كان الاساس مقاما على خوازيق وكان مسطح رؤوس الخوازيق هو ح فأن ض فى المتر الطولى = (ب - ح) × ع × ٧ فاذا كان الاساس طويلا كما هو الحال فى فروشات القناطر والاعتاب Weirs والخزانات



شكل ١٢٤

فان على الماء فى هذه الحالة ان ينساب Percolate بين الاساس والتربة الحاملة له طول مسافة الفرش القاطع للماء ليجد طريقه خلف القنطرة عند نهاية الفرش القاطع للماء وبما أن هذا الفرش يكون عادة طويلا فأن سرعة الماء بين الاساس والتربة تقل بفعل الاحتكاك Friction وبذا يقل ضغط الماء الى أعلا

نحر التربة من تحت الاساسات

أما فى التربة الرملية والتى يخشى معها من زحف حباتها مع الماء بسبب نحرها فيحدث بذلك فراغ تحت الاساس Under Mining يتسبب عنه انهيار البناء فعلاج ذلك يكون باحاطة الاساس بخوازيق لوحية أوستائر Sheet Piling لحجز حبات التربة من التسرب بسبب سريان الماء أو الضغط الواقع على التربة حيث ان الرمل الزئبقى QwickSand يزحف تحت تأثير الضغط أيضا

وفى القناطر يلجأ الى اطالة الفرش المانع للماء خلف القنطرة حتى تصبح سرعة المياه التى بين الفرش والتربة صفراً

الباب السادس

سند جوانب الحفر بالخشب

عند ما يستدعى الحال اجراء الحفر رأسيا للاساسات لمناسيب تفقد عندها التربة خاصية البقاء رأسية دون سند جوانب الحفر يجب عمل شدة من الواح الخشب توضع رأسية أو أفقية وتسند هذه الالواح بمدادات أفقية Rengers وكباسات Struts عبر الحفـــر لحفظها فى أما كنها ومقاومة ضغط التربة Earth Pressure

وابعاد الالواح Sheeting الخشب والمـــدادات والكباسات والمسافات التى تبعد بها الالواح عن بعضها وكذا المدادات والكباسات وطريقة وضع الالواح أيضا ان افقية أو رأسية كل ذلك يتوقف على نوع التربة التى تسندها الشدة وعلى عمق الحفر الرأسى

والشدات ضرورية جدا فى الحفر لاعمال مد مواسير المياه والمجارى وما اليها لان هذه الاعمال تكون عادة داخل المدن وفى الشوارع المأهولة والعامرة بالمبانى والتى تكثر فيهـا حركة المرور فلهذه الاسباب يجب تضييق الحفر واجراؤه بصفة خنادق رأسية الجوانب بدون أى ميل وذلك لترك مسافة كافية لحركة المرور وهذا يستدعى شد جوانب الحفر لصيانة أرواح العمال والمبانى التى على جانبى الحفر والاعمال الاخرى الموجودة تحت سطح الأرض

ولو انه يمكن الوصـول بالحفر بأمان فى الخنادق الى اعماق تختلف تبعا لنوع التربة دون سند جوانبها الا انه يحسن عمل شدة من نوع ما لضمان سلامة الارواح وعدم تكبد خسائر مالية فى مقدور المهندس الاستغناء عنها بعمل نوع من الشدة يناسب حالة التربة وعمق الحفر

وليس من الحـكمة فى شىء اهمال عمل الشدة بفكرة الاقتصاد فى التكاليف فتكون النتيجة خسائر فادحة فى الأرواح والأموال يقوم بدفعها المقاولون

أو الحكومة أو البلديات فضلا عما ينشأ من اختلال نظام العمل وتأخر انجازه

وكما أن اهمال عمل الشدة يترتب عليه النتائج السيئة السابقة فأن عمل شدة ضعيفة لا تقاوم الضغط الواقع عليها له نفس النتائج

وعليه يلزم عند معرفة نوع التربة من المباحث الأولية الاستعداد بالاخشاب التى تناسبها وبالاجهزة اللازمة لسند جوانب الخندق والشدة فضلا عن انها تقاوم ضغط التربة فانها كوقاية ضد انهيار الحفر بسبب الزوابع والامطار الغزيرة

انواع الشدة

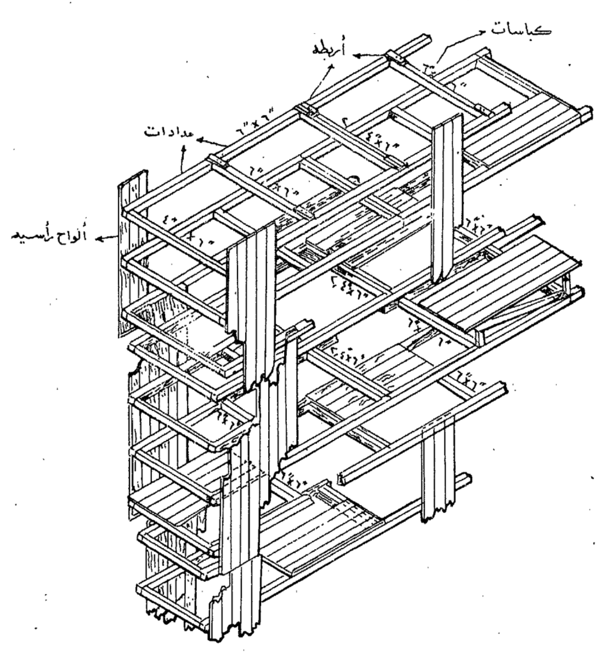
١ — الشدة ذات الالواح الرأسية Vertical Sheets ولو انها أكثر أنواع الشدة كلفة الا انها امتنها وتستعمل عادة فى الحفر لاعماق كبيرة وفى أنواع التربة الرخوة والمفككة كالرمال الجافة والحصا والرمل الزئبقى وتستعمل بالقرب من المبانى العالية خوفا من هبوطها أو حدوث تصدع بها بسبب زحف التربة الى الخندق فى حالة عدم سند جوانبه بشدة

ويبدأ العمل بالحفر بدون شدة الى اقصى عمق يمكن معه للتربة أن تقف دون سند جوانبها ودون حدوث ضرر ما وهذا العمق يتوقف على نوع التربة من حيث تركيبها وتكوينها الجيولوجى وكمية المياه التى بها

وعند ما يصل الحفر الى هذا العمق يبدأ بعمل الشدة فيوضع أولا صف من المدادات الأفقية Rangers والذى يكون عادة على عمق نحو ٣٠ سم من سطح الارض ويوضع الصف الثانى من المدادات أيضاً اذا كان ذلك متيسرا نركن المدادات الى ثلاثة ألواح رأسية توضع خلفها وملاصقة للحفر الذى يجب أن يعد رأسيا تماما

وهذه الألواح الرأسية يكون واحد منها عند كل طرف من طرفى المدادة والثالث فى وسط المدادة وبحيث تكون المسافة بين الحافتين الخارجيتين للوحين المتطرفين مساوية لطول المدادة تماما ومتى تم ذلك يصير وضع الكباسات Struts بين المدادات المتقابلة Opposite لحفظها فى مواضعها ويجب أن تكون الكباسات بطول كاف بحيث تضغط المدادات والألواح الراسية التى خلفها

والتى تسند التربة حتى اذا ما ضغطت التربة على ألواح الشدة بسبب الحفر الى عمق كبير فان الكباسات تؤدى وظيفتها بنجاح وتمنع تزحزح المدادات والالواح إلى داخل الخندق مما قد يسبب انهيار التربة والشكل ١٢٥ يبين شدة رأسية



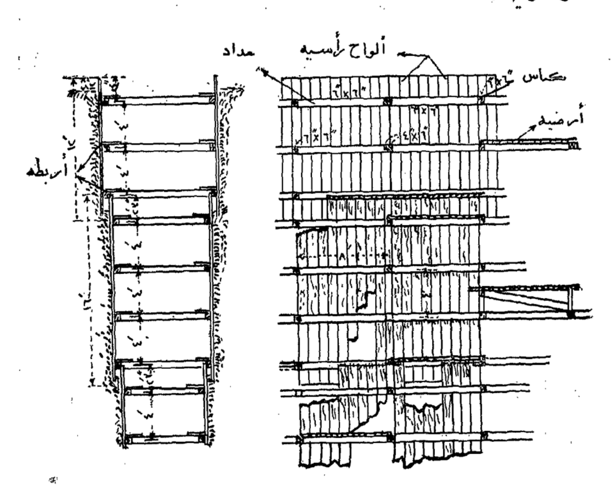
شكل ١٢٥

من ذلك يتضح أن عمل الكباسات فى الشدة هام جداً وعلى طول الكباسات تتوقف متانة الشدة فيجب أن تكون أطوالها أكبر من المسافات التى بين مدادتين متقابلتين وأن يحشر الكباس عند وضعه ومرونة التربة والاخشاب كفيلة بايجاد الفراغ اللازم لطوله

بعد ذلك تصلح جوانب الحفر بحيث تصير رأسية تماما وكذا يصلح تخطيط الحفر على خط مستقيم ثم تدق باقى الالواح الرأسية بين المدادات وجوانب الحفر إلى العمق الذى وصل اليه الحفر

وتوضع المدادات عادة على مسافات راسية بين محاورها نحو ١٫٢٠م إلا إذا تطلبت حالة العمل وطبيعة التربة خلاف ذلك

ويجب ان تكون فى مستوى رأسى واحد حتى تضمن رأسية الالواح خلفها ويجب ان تكون المدادات افقية تماما فى اتجاه طولها وان تربط إلى الكباسات بأربطة Cleats تسمر فى اطراف الكباسات وفى اعلا المدادات المتقابلة والتى تسندها اطراف الكباسات وذلك لحفظ الكباسات من السقوط إذا مانزعت اليه وهذه الاربطة تكون من سمك ٢ً وطول ١٨ً وعرضها كعرض الكباسات Struts وتسند كل مدادة بثلاثة كباسات واحد فى كل طرف من طرفيها والثالث فى وسطها



شكل ١٢٦

وعلى ذلك فالمسافات الافقية التى بين كباس وآخر تحدد من طول المدادات وبما ان المسافة التى بين كباسين متجاورين يجب ان تناسب حالة العمل ونوع التربة والحفر فيجب مراعاة ذلك فى اختيار اطوال المدادات بحيث تفى المسافات الافقية بين كباسين بالغرض الذى تتطلبه حالة العمل وتكون المدادات عادة بطول نحو ٥ أمتار وتكون الكباسات التى فى وسط المدادات من قطاع ٦ً × ٦ً والتى باطراف المدادات من قطاع ٤ً × ٦ً والشكل ١٢٦ يبين شدة رأسية كاملة مكونة من ثلاثة طبقات

وبعد ان يتم انزال قطاع Section من الشدة بالطريقة السابقة (والقطاع مكون من مدادتين متقابلتين أو اربعة مدادات على صفين فوق بعضهما ومن الالواح الراسية Runners الساندة لجانبى الحفر بطول هذه المدادات ومن الكباسات التى تلزم لهذا الطول من الخندق)

اى أن طول القطاع فى حالة ما يكون طول المدادة ٥ أمتار هو مساو لطول المدادة ومقداره خمسة أمتار — يبدأ بدق الشدة فى هذا القطاع الى عمق اكبر

ومن المعتاد أن يوجد رجل فى قاع الخندق ليحفر تحت النهاية السفلى للالواح الرأسية ويسهل عملية دقها ويلقى بناتج الحفر الى وسط الخندق وبعد ان تدق الشدة الى ما تحت قاع الخندق السابق حفره بنحو ٦٠ سم يترك هذا القطاع ويبدأ العمل فى قطاع آخر

ولأمكان الدق فوق رأس الواح الشدة يعمل نصب من الخشب مكون من حاملين وارضية فوقهما Trestle ويعمل تصميمه بحيث يمكن خفض هذه الارضية كلما غاصت الالواح فى التربة وفائدة النصب كبيره لأنه بغيره لا يكون فى متناول الرجل الذى يقف على سطح الأرض أن يدق فوق رؤوس الالواح لانها عادة تكون أبعد من متناوله تبعا لطولها ولصغر عمق الخندق

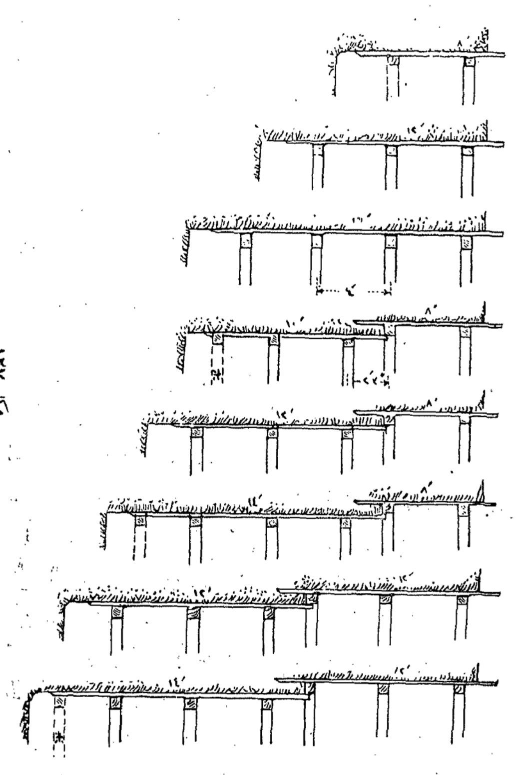
ويستعمل النصب لتعليق الواح الشدة فى حالة ما يخشى من انزلاقها داخل التربة تحت تأثير الدق بسبب رداءة نوع التربة وفى بعض الحالات يمكن الحفر تحت اقدام الواح الشدة الى عمق أكبر من ٠٫٦٠ متر قبل ترك القطاع الجارى العمل فيه كما أن بعض انواع التربة لا يسمح بالحفر تحت

اقدام الشدة لأى عمق ففى مثل هذه الحالة يصير حفر الخندق كله بعمق نحو ٠٫٦٠ متر بعد دق الالواح الى هذا العمق أى أن تكون اقدام الالواح فى هذه الحالة سابقة للحفر

وتعمل فى الشدة أرضيات من الخشب Staging platforms عبر الحفر وعرضها مساو لنصف طول المدادة وتحمل هذه الارضيات أما على الكباسات كما هو مبين بالشكل ١٢٦ أو على قوائم خشبية توضع فوق المدادات والغرض من هذه الارضيات هو تسهيل حركة العمال ولدق الطبقات السفلى من فوقها

ويجب أن تحدد اقدام الالواح الراسية لسهولة دقها وأن تطوق رءوسها بطوق من الحديد يحميها من التلف بسبب الدق وتعمل المدادات عادة من خشب سمك ٢" الا اذا استدعت حالة العمل أخشابا ذات ابعاد أكبر من ذلك فتعمل من قطاع ٤" × ٦" وبما أن أول طبقة من الشدة وهى الطبقة العليا تكون ذات اتساع أكبر من الطبقات التى تليها فلداعى الاقتصاد فى الحفر تعمل الطبقة العليا أقصر ما يمكن ويلاحظ عند دق الطبقة الثانية أن تبقى رؤوس الواحها أعلا من اقدام الواح الطبقة العليا بنحو قدم لئلا تنهار التربة من بين الطبقتين والشكل ١٢٧ يبين جملة شدات ذات ارتفاعات مختلفة ومكونة من طبقة أو من طبقتين ومن المعتاد عمل المدادات والكباسات من ارتفاع واحد .

دق الطبقات السفلى من الشدة — بعد دق الطبقة العليا الى العمق المرغوب يوضع دليل Guide أو دليلين من الخشب تبعا لارتفاع الطبقة الثانية فى كل جانب من جانبى الخندق من قطاع ٢" × ٦" وتثبت هذه الادلة فى الكباسات على مسافات من المدادات مساوية لسمك الالواح الرأسية وذلك لضمان دق الطبقة الثانية من الشدة فى الموضع المناسب ثم توضع الالواح بين الدليل والمدادة وبما أنه من المتعذر دق الواح رأسية فى المواقع التى ترتكز عندها الكباسات على المدادات فتترك مسافة بعرض الكباس لا تدق فيها



شكل ١٢٧

الواح وتسمى نافذة Window ويسند الحفر فيها بالواح قصيرة افقية توضع خلف الالواح الرأسية المرتكزة على مدادات الطبقة العليا

وبما أن وضع الالواح الافقية يستدعى الحفر تحت اقدام الالواح الرأسية الى عمق ما دون سند جوانب الحفر فى النوافذ وقد لا يسمح نوع التربة بذلك الحفر ففى مثل تلك الحالة تعمل الالواح الرأسية الملاصقة

للكباسات من عرض ١٢ً ويقطع جزء من عرضها عند الرأس مقداره ٦ً بحيث يصبح الطول الباقي من اللوح بعرضه الكامل ١٢ً حوالى ٤َ ويوضع الجزء الاعلا الذى عرضه ٦ً تحت الكباس بحيث اذا وضع لوحين من هذا النوع تحت كباس واحد فأنهما يتلاصقان تحت الكباسات ويصير دقهما كالمعتاد والاجزاء التى تنكشف عند دقها تحت الكباس يصير سندها بالواح أفقية أو رأسية

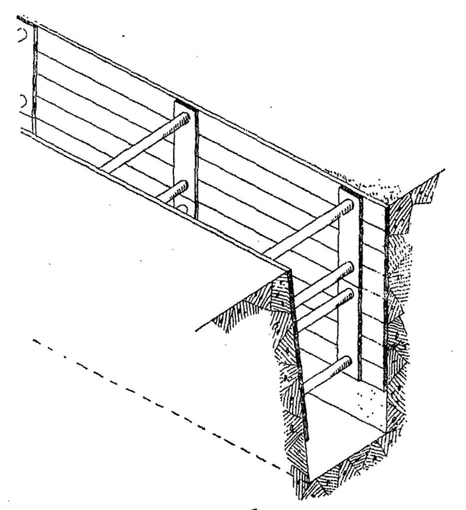
٢ — الشدة ذات الالواح الافقية — تستعمل فى انواع التربة التى يمكن الحفر فيها الى عمق كبير دون سندها بحيث تقف رأسية لوقت طويل وفى هذه الحالة لا تدق الالواح بل توضع افقية كل ثلاثة أو اربعة فوق بعضها وتسند فى موضعها بالواح من الخشب توضع رأسية فى وسط طول الالواح الأفقية وتكون الالواح الراسية الساندة من سمك ٢ً ثم توضع بين الالواح الرأسية المتقابلة كباسات كما فى الشدات الرأسية ويحسن أن تكون الكباسات من النوع ذى اللولب Spring القابل للاستطالة نظراً لاختلاف عرض الحفر وتترك مسافة رأسية بين كل مجموعة من الشدة يتوقف ارتفاعها على نوع التربة والشكل ١٢٨ يبين شدة افقية واذا كانت التربة تسمح بالحفر لعمق كبير دون سندها فتستعمل فى بعض الاحيان الواح رأسية دون أن تدق بل تسند الى جوانب الحفر بكامل طولها ثم توضع المدادات والكباسات لضغط الألواح الراسية ويحدد عددها تبعا لنوع التربة

وفى بعض الحالات التى تكون فيها التربة أكثر ثباتا فتترك مسافات بدون شدة بين كل طبقة والتى تليها أى تعمل الشدة الى عمق ما ثم يترك ارتفاع بدون شدة ويعمل شدة اخرى بعد ذلك

وفى بعض انواع التربة المتماسكة تماسكا قوياً تعمل الشدة رأسية وعلى مسافات من بعضها أى لا تكون متصلة فتوضع الواح رأسية تضغط بكباسات فى جزء من طول الخندق ثم يترك جزء دون شدة ثم يشد الجزء الذى يليه

وهكذا والمسافات التى تترك بدون شدة تكون أطوالها تبعاً لطبيعة التربة وهذه الطريقة تتبع فى التربة الطينية وما اليها

وفى بعض الأحيان فى مثل هذه التربة يعمل هيكل شدة رأسية Skeleton كاملا أى توضع مدادات تركن الى الواح رأسية Runners فى نهاياتها وتضغط بكباسات ولا توضع باقى الالواح الرأسية التى فى باقى طول المدادات ويستمر العمل على ذلك الا اذا ظهرت علامات انهيار فيبادر بوضع الالواح الرأسية الباقية Runners ولا يخفى مافى العمل بهذه الطريقة من الاحتياط وبعد النظر



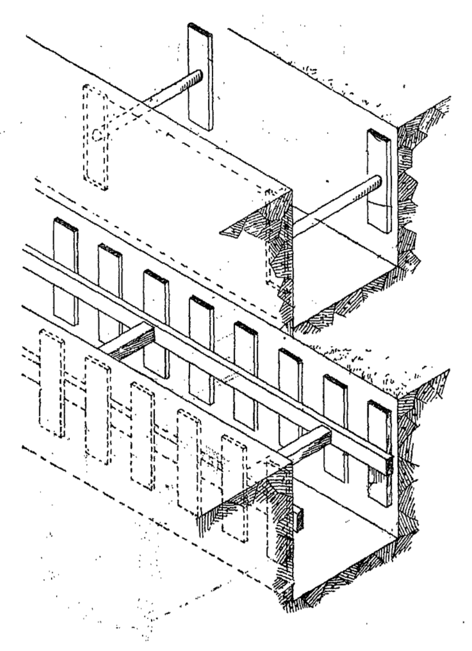
شكل ١٢٨

والشكل ١٢٩ يبين انواع الشدة الغير متصلة

استعمال النافورة فى انزال الشـــدات

فاذا وجدت صعوبة فى دق الالواح الرأسية أثناء عمل الشدات فيصير تسهيل ذلك بواسطة النافورة المائية Water Jet

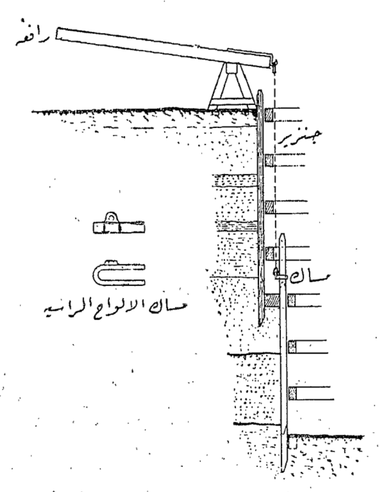
ازالة الشدة — لازالة الالواح الرأسية فى الشدات جملة وسائل منها أن يلف حول الالواح جنزير Chain يتصل بآلة رافعة Hoisting Machine وقد



شكل ١٢٩

ترفع الالواح بواسطة رافعة Lever ومساك Clamp كالشكل ١٣٠

وفى هذه الحالة يكون الرفع بواسطة الرجال ويجب بعد نزع الشدة أن يردم المكان الذى كانت تشغله برمال جافة حتى يملأ الفراغ تماما وفى بعض انواع التربة الناعمة والسريعة الانهيار يجب ترك الواح الشدة أو بعضها



شكل ١٣٠

ارتباط الشدة بنوع التربة

فيما تقدم بينا انواع الشدات المختلفة وفيما يلي سنبين الانواع التي يجب استعمالها في انواع التربة المختلفة

ففي طبقات التربة الصلبة Hardpan اذا كانت الخنادق ذات اعماق كبيرة فتستعمل شدة خفيفة غير متلاصقة وقد يستغنى المهندس عن عمل شدة الا اذا شعر بوجود خطر فيعمل شدة غير متلاصقة

أما في التربة الطينية فيجب الاحتياط بعمل شدة متلاصقة قوية من اخشاب ذات قطاع كبير لأن التربة الطينية خادعة فبينما تراها جافة متماسكة اذ بها بعد زمن قليل ترشح وتميل الى الانهيار

وفى الحفر فى رواسب نهرية جافة Dry Alluviun يحسن عمل شدة غير متلاصقة ولو أنه يمكن ان تقف التربة الى وقت ما دون سندها

اما الحفر فى الحصا فيعمل له شدة متصلة نظرا لنزوع الحصا دائما الى الانهيار

أما الرمال فسلوكها متغير تبعا لأحجام حباتها وانتظام احجام هذه الحبات ومقدار ما بها من الرطوبة ومن الضرورى عمل شدة متلاصقة وفى حالة ما تكون الرمال من النوع الرفيع الحبات وتحوى مياها بكمية كبيرة فان الضغط الذى يتولد عن مثل هذه التربة يكون كبيرا جدا وفى بعض الحالات يقرب من ضغط ماء ارتفاعه مماثل لارتفاع التربة المسنودة .

ففى مثل هذه الحالة فضلا عن ضرورة عمل شدة متلاصقة قوية فانه يجب دق الالواح الرأسية الى مسافة كبيرة تحت قاع الخندق لضمان عدم تزحزح الالواح من اماكنها تحت تأثير الضغط ولمنع الرمال التى فى قاع الخندق من الارتداد الى اعلا بسبب ضغط الرمال التى خارج الخندق عليها

أما الصخور الصماء فيمكن الحفر فيها بدون شدة ولكن يحتمل ان تكون الصخور خادعة فتنزلق ـ وعلى اى حال اذا كانت الصخور ذات عروق Seamy وكانت العروق على زاوية أكبر من ٣٠° مع الأفق وبالاخص اذا كان يتخلل عروقها انواع ناعمة من التربة مثل الطين او الرمل والتى يحتمل انزلاق الصخور عليها بسهولة فيجب عمل شدة متلاصقة اذا أريد الحفر لاعماق كبيرة والا فتعمل شدة خفيفة ويلاحظ ان الشدات فى المناطق الصخرية باهظة الكلفة والصيانة لمداومة اصلاحها بسبب ما يحدث لها من الزحزحة بتأثير المواد الناسفة التى تستعمل فى الحفر ولا يمكن تلافى ذلك ولكن يمكن تخفيف اثره بالاعتناء بعمليات النسف ووضع المواد الناسفة بالمقادير اللازمة وفى الاماكن المناسبة

سند جوانب حفر الاختبار —وسند جوانب حفر الاختبار مماثل تماما لسند جوانب الخنادق الا انه فى حفر الاختبار تكون الشدة مربعة وتكون

المدادات اطارا Frame مربع الشكل وشد حفر الاختبار يكون من النوع الذى تستعمل فيه الالواح الرأسية المتلاصقة

سند جوانب الحفر المتسع

اما اذا كان الحفر متسعا وليس على شكل خنادق فتسند جوانبه باحدى الطرق السالف بيانها الا انه نظرا لعدم امكان استعمال كباسات لاتساع الحفر فيصير سند الشدة بمساند مائلة كالتى تستعمل لصلب المبانى

منع الرشح من بين الواح الشدات

اذا وجد اثناء الحفر وبعد عمل الشـــدة أن المياه غزيرة فيصير قلفطة الفواصل التى بين الواح الشدة الى منسوب مياه الرشح فاذا لم يفد ذلك فتستعمل خوازيق لوحية Sheet Piles

ويحسن استعمالها من أول الامر اذا اظهرت المباحث الاولية وجود مياه غزيرة وتربة شبه سائلة Fluid Like

الستائر أو الخوازيق اللوحية

الستائر أو الخوازيق اللوحية — اما أن تكون من الواح من الخشب تعشق مع بعضها باحدى طرق التعشيق أو تسمر واما ان تكون من الحديد على اشكال مختلفة بحيث يكون اتصالها ببعضها قاطعا للماء Watertight واما ان تكون من الخرسانة المسلحة مختلف اشكالها ايضا ولا تستعمل الستائر الخرسانية الا فى الاعمال الدائمة

والغرض الاساسى من استعمال الستائر لسند جوانب الحفر هو تقليل رشح الماء وهروب التربة الى داخل الحفر لأصغر مقدار .

والستائر تستعمل أيضا كما سبق أن اسلفنا فى فروشات القناطر الحاجزة والاعتاب والأهوسة والخزانات لاطالة مسافة الرشح Length of Percolation وتستعمل ايضا حول الاساسات لمنع بعض انواع التربة كالرمل من الزحف

السنائر الخشبية ـ اما ان تكون من الواح متلاصقة وفى هذه الحالة تصلح لشد جوانب الحفر فقط ولكنها لاتصلح فى قطع الماء أو حجز التربة الهاربة نظرا لعدم احكام وصلاتها واما ان تكون من الواح متلاصقة كالسابقة ولكنها على صفين يركن احدهما الى الآخر وبحيث أن خطوط الوصلات فى الصفين لاتكون متحدة وهذه افعل فى قطع الماء من النوع الأول

واما ان تعشق بأى طريقة كطريقة النقر واللسان Groove & Tongue

واما ان تعمل الواح من ثلاثة صفوف تسمر فى بعضها اوتربط بجاويطات Bolts بحيث يكون كل صفين متلاصقين غير متحدى الوصلات وتكون فى هذه الحالة كأنها معشقة تعشيقة نقر ولسان

ويلاحظ أن يكون تسمير الستائر المركبة فى موقع العمل وأن تكون المسامير ذات اطوال كافية وعادة اطول من سمك الستائر بمقدار بوصة وان يدق نصف عدد المسامير من احد الجانبين والنصف الآخر من الجانب الثانى ويلاحظ ان تحدد نهايات الستائر السفلى على زاوية ٤٥° لسهولة دقها

والشكل ١٣١ يبين الانواع المختلفة

فالمرموز له بالحرف ا يبين الواحا متلاصقة

والمرموز له بالحرف حـ يبين الواحا معشقة نقر ولسان

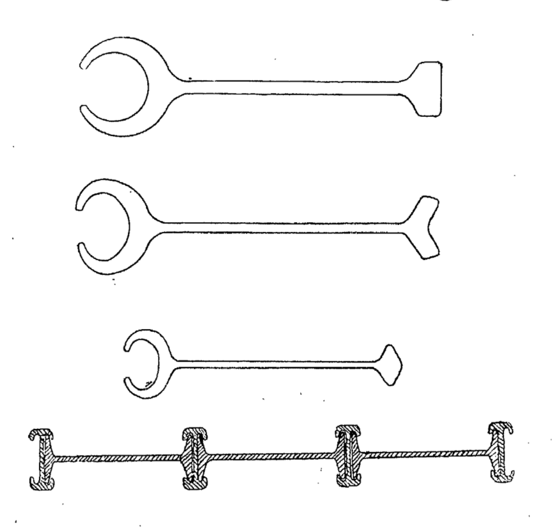
والمرموز له بالحرف د يبين الواحا من صفين متلاصقين

والمرموز له بالحرف ز يبين الواحا من ثلاثة صفوف مسمرة ببعضها

والمرموز لهم بالاحرف ب ؟ ه ؟ و تبين انواعا اخرى شائعة الاستعمال

شكل ١٣١

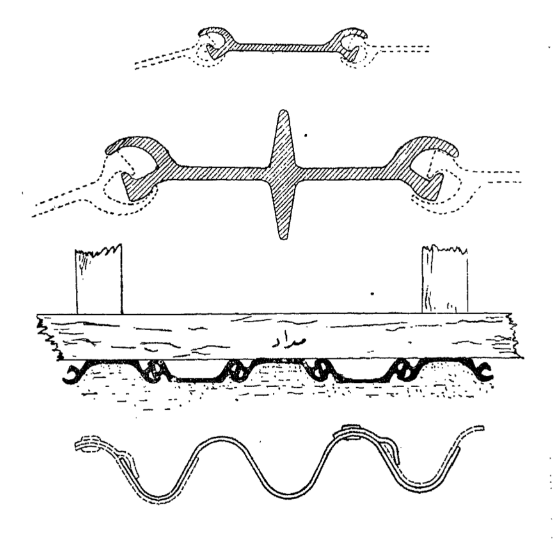
الستائر الحديدية — على جملة اشكال كالمبينة بالرسمين ١٣٢ و١٣٣ وهى اقوى واكثر صلابة وأنجع فى قطع الماء من الستائر الخشبية ويقل معها عدد الكباسات التى تستعمل فى حالة شد جوانب الحفر او سند التربة ويلاحظ أن يعمل للاركان ستائر ذات اشكال خاصة تتفق مع زوايا اضلاع الحفر والستائر الحديديه تحتاج لعناية كبيرة فى دقها



اشكال مختلفة للخوازيق اللوحية الحديدية

شكل ١٣٢

ويلاحظ المحافظة على التخطيط المصمم للحفر وعدم الخروج عنه اثناء دق الخوازيق وخصوصا اذا كان الغرض هو منع التربة التى تحت الاساس من الزحف ففى هذه الحالة يجب أن يتبع تخطيط الاساس بغاية الدقة

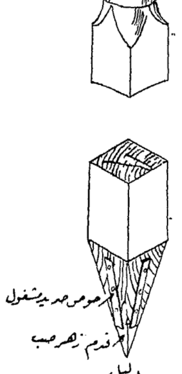


اشكال مختلفة للخوازيق اللوحية الحديدية

شكل ١٣٣

دق الستائر الخشبية ـــ تدق اولا خوازيق الارشاد (الادلة) Guide Piles على مسافات من بعضها تقدر من مترين الى ثلاثة امتار وهذه الخوازيق من قطاع ٩" × ٩" او اكبر من ذلك مدببة ومجهزة بقدم من الزهر على شكل هرم متصل بنهاية الخازوق السفلى بخوص من الحديد طولها نحو ٤٠ سم سمر فى الخازوق انظر الشكل ١٣٤ وارتفاع هذا القدم نحو ٦" وله قاعدة نحو ٤" × ٤" الى ٥" × ٥" والخازوق مقطوع عند نهايته ومشطوف على شكل هرم ناقص يتصل به القدم وبعد ان تدق الأدلة نحو ٦٠ر٠م فى التربة تربط مع بعضها بمدادات افقية من خشب قطاعه نحو ٩" × ٦" ويكون كل مدادتين مقابل بعضهما على مسافة بينهما تساوى عرض الستائر

الخشبية التى سيصير دقها

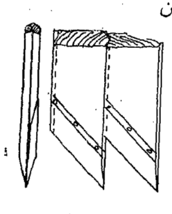


شكل ١٣٤

ويبـــدأ بربط الادلة بزوجين من المدادات احدهما عند سطح الارض والآخر عند اعلا الادلة ثم يبدأ بدق الستائر فى الفراغ الذى بين المدادات والغرض من المدادات هو ابقاء الستائر فى مستوى رأسى وفى الاماكن المعينة لها فى التخطيط

والستائر الخشبية مدببة عند نهايتها السفلى لاتجاه واحد ولكل ستارة قدم من الحديد مسمر بها كما هو مبين بالشكل ١٣٥ ويجب وقاية رؤوسها بأطواق من الحديد ووضع وسادة من الخشب فوق رؤوسها للدق عليها

دق الستائر الحديدية — اذا كانت الستائر من النوع الخفيف الذى يزن نحو ١٥ كـ ج للمتر الطولى فتدق باليد بواسطة مطرقة من وزن نصف طن



شكل ١٣٥

ويبدأ بعمل الحفر أولا للعمق المناسب ثم توضع المدادات الخشبية ثم تدق احدى الستائر كدليل ويجب أن توزن رأسيا تماما ثم تعشق الستائر الباقية مع بعضها ويجب أن يعمل الترتيب اللازم لجعل عدد الستائر والزوايا موافقا لمحيط الحفر بحيث تكون الشدة محكمة من جوانب الحفر الأربعة وعند الزوايا أيضا

ويلاحظ ان يكون خط الستائر رأسيا ولا يحيد عن التخطيط والا فانه يوجد صعوبة فى نزعها

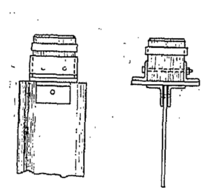
أما فى الستائر التى من النوع الثقيل وكذا فى حالة انزال الستائر لعمق كبير فتستعمل مطرقة ثقيلة تشغل بونش يحرك باحدى القوى المحركة كالبخار

أو الكهرباء وتكون من وزن (١) طن الى (٢) طن

واذا استعملت الستائر فى سندجوانب بئر عميقة فتدق أولا احدى الستائر كدليل وتثبت تماما فى التربة ويلاحظ أن تكون رأسية تماما ثم تدق ستارة أخرى الى عمق صغير بعد أن تعشق مع الدليل ويتبع ذلك فى جميع الستائر الاخرى الى أن يتم تعشيق ودق جميع الستائر الى عمق واحد تقريبا ثم يعاد الدق على جميع الستائر الى عمق آخر وبهذه الطريقة يتقى لدرجة ما انفصال احدى الستائر عن الباقى بسبب مصادفتها لاى عائق أثناءدقها وذلك لان وجود أقدام الستائر كلها على منسوب واحد تقريبا مما يساعد على التغلب على العوائق التى تصادف احدى الستائر لأن الستائر فى هذه الحالة تكون معشقة مع بعضها فى كامل طولها

بخلاف ما اذا كانت أقدامها على مناسيب مختلفة فانها تكون معشقة فى جزء من طولها فقط وكلما دقت الستائر الى عمق يحفر داخل البئر وتوضع المدادات والكباسات

وكل اطار من المدادات يجب ان يثبت بخوابير توضع بين المدادات والستائر على مسافات وعند ماتستعمل مطارق ثقيلة للدق يجب وقاية رؤوس الستائر من التلف بغطاء خاص كما هو مبين بالشكل ١٣٦

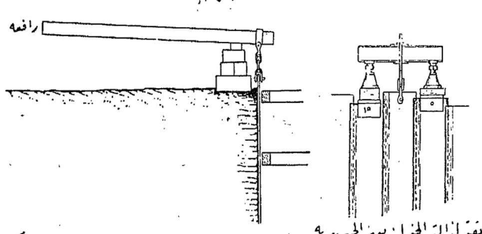


غطاء لرأس الخوازيق الحديدية اللوحية

شكل ١٣٦

وبدلا من استعمال ستائر طويلة تكون ثقيلة وصعبة المناولة والدق فيحسن استعمال ستائر قصيرة ذات اثقال مناسبة ووصلها مع بعضها بواسطة خوص حديديةويلاحظ أن تختلف مواقع الوصلات لئلا تكون موضع ضعف شامل

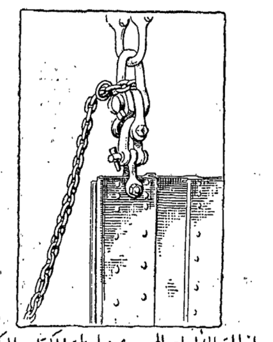
وفى حالة استعمال المطارق الثقيلة يستعمل ونش لتشغيلها ويصير تحريك الونش حول البئر بواسطة قارصات ويجب لتسهيل عملية نزع الستائر تشحيمها قبل أن تعشق وتدق



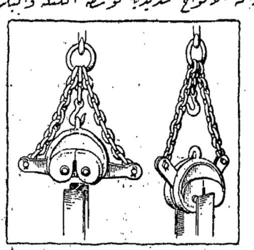
طريقة ازالة الخوازيق الحديدية اللوحية بواسطة الكتلة والرافعة

طريقة ازالة الخوازيق الحديدية اللوحية بواسطة العفاريت

شكل ١٣٨



ازالة الألواح الحديدية بواسطة الكتلة والبكرة



شكل ١٣٩

نزع الستائر الحديدية — تكون ازالة الستائر الحديدية سهلة اذا كانت قد دقت رأسية ولازالتها جملة وسائل فيمكن ازالتها بواسطة جنزير مثبت فى رافعيه وكتلة تستعمل كنقطة ارتكاز Fulcrum وفى هذه الحالة تكون الستائر مخرومة عند رءوسها لربطها بالجنزير ثم يصير رفع الجنزير بواسطة الرافعة Lever وأيضاً بواسطة عفريتة Screw Jacks وهذه تستعمل عادة للبدء فى ازالة الستائر العاصية ثم تتمم عملية الازالة بالرافعة والجنزير

ويمكن ازالتها ايضا بواسطة جنزير يعلق من كتلة بكرات فى اعلا نصب كما هو مبين بالشكلين ١٣٨ و١٣٩

وبعد رفع جميع الستائر الى منسوب الأطار الاسفل من المدادات يعاد ردم البئر أو حفر الاختبار وتكون طريقة الردم حسب حالة العمل من حيث الاتساع والعمق وتدك الاتربة المردومة جيداً حتى منسوب الأطار الاسفل ثم تعاد عملية نزع الستائر وهكذا الى أن تنزع تماما

الباب السابع

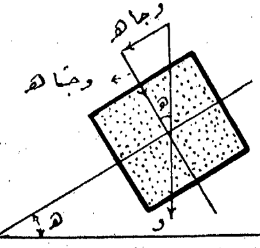
ضغط التربة وحساب الشدات

لحساب ضغط التربة على اخشاب الشدة والستائر يجب أن نشرح الاسباب التى تدعو الى حدوث هذا الضغط فكل تربة اذا تركت حرة تنهار على زاوية معينة مع الافق تختلف باختلاف نوع التربة فأذا ما حجزت التربة بسندها باخشاب الشدة أو بستائر من اى نوع أو بحائط ساند فان خاصية نزوع التربة الى الانهيار تسبب ضغطا على الجسم الذى يحجزها ويختلف مقدار الضغط تبعا لاختلاف نوع التربة

خاصية التماسك — لكل نوع من التربة قوة تماسك خاصة وهذه الخاصية تتوقف على درجة الرطوبة التى فى التربة فتزيد كلما زادت درجة الرطوبة وذلك الى حد معين ثم تبدأ فى النقصان اذا زادت الرطوبة عن هذا الحد وخاصية التماسك هى التى تعمل على مقاومة الانزلاق Sliding ويساعد فى ذلك الاحتكاك Friction بين ذرات التربة عند نزوعها الى الانزلاق

الأحتكاك ـ هو أحد العاملين المهمين فى مقاومة انزلاق التربة وقد وجد ان معامل الاحتكاك Coefficient of Friction = ظل زاوية الشو الطبيعى ولبرهان ذلك نفرض صندوقين كل منهما مفتوح من أحد جوانبه وانه صار ملء كل من الصندوقين بنوع واحد من التربة ووضع الصندوقين فوق بعضهما بحيث أن الجانب المفتوح من كل صندوق وضع فوق نظيره من الصندوق الآخر كما هو مبين بالشكل ١٣٧

فاذا فرضنا أن الصندوقين غير مثبتين ويمكن لاحدهما أن ينزلق على الآخر فأنه عند رفع السطح المشترك بين الصندوقين الى أعلا وأمالته بحيث يعمل الزاوية (هـ) مع الافق



شكل ١٣٧

والتى تبدأعندها التربة بالنزوع الى الانزلاق على السطح المشترك فعندهذا الحد تكون القوة التى تدفع بذرات التربة الى الانزلاق مساوية للقوة التى تقاوم هذا الانزلاق وهى قوة الاحتكاك

فاذا فرضنا أن (و) هو وزن الجسم الذى فى الصندوق الأعلا ، ه هى الزاوية التى تنزع عندها التربة التى فى هذا الصندوق الى الانزلاق على السطح المشترك وحللنا القوة (و) الى مركبتين Components احداهما موازية للسطح الذى يحدث عليه الانزلاق والاخرى عمودية عليه

فمقدار المركبة العمودية على سطح الانزلاق = و جتا ه

ومقدار الموازية لسطح الانزلاق يساوى (و جا هـ) وهى القوة التى تسبب الانزلاق

ولما كانت قوة الاحتكاك وهى المقاومة للانزلاق = ث و جتا ه

وفيها ث = معامل ثابت

وحيث أن القوتين تعادلتا فيكون قانون الاحتكاك هو

و جا ه = ث و جتا ه

أى ث = $\frac{\text{جا ه}}{\text{جتا ه}}$ = (ظا Φ) وهو معامل الاحتكاك

ولكن عند ما يبدأ الانزلاق على الزاوية ه تكون هى أكبر زاوية مع المستوى الافقى لا تنزلق معها التربة وعليه فيمكن اعتبارها مساوية لزاوية الشو (Φ)

وتكون النتيجة أن ث = ظل زاوية الشو Φ

زاوية الشو Angle of Repose هى أكبر زاوية تعملها التربة مع المستوى الافقى دون انزلاق او انهيار أى انها الزاوية التى يقف عندها انهيار التربة

ووجود الرطوبة Moisture فى التربة يقلل زاوية الشو ولكن فى الوقت نفسه يزيد الضغط المسبب عن هذه التربة

وفيما يلى جدول يبين مقادير زوايا الشو لانواع التربة المختلفة

نوع التربة	زاوية الشو		١ — جا Φ / ١ + جا Φ	الوزن بالكيلوجرام للمتر المكعب
	Φ	ميـــل		
رواسب نهرية	١٨°	٣ الى ١	٥٣ر	١٤٢٠
طين جاف	٢٦°	٢ الى ١	٣٩ر	١٧٤٠
طين رطب	٤٥°	١ الى ١	١٧ر	١٨٩٠
طين مبلل	١٥°	٢ر٣ الى ١	٥٩ر	٢٠٥١
حصا غليظ	٣٠°	١ر٧ الى ١	٣٣ر	١٧٤٠
حصا مدرج الاحجام	٤٠°	١ر٢ الى ١	٢٢ر	١٨٩٠
طينة رملية جافة	٤٠°	١ر٢ الى ١	٢٢ر	١٣٩٠
طينة رملية رطبة	٤٥°	١ الى ١	١٧ر	١٤٢٠
طينة رملية مشبعة بالماء	٣٠°	١ر٧ الى ١	٣٣ر	١٧٤٠
رمل جاف	٣٥°	١ر٤ الى ١	٢٧ر	١٥٦٠
رمل مبلل	٤٠°	١ر٢ الى ١	٢٢ر	١٧٤٠
رمل مشبع بالماء	٣٠°	١ر٧ الى ١	٣٣ر	١٨٩٠

بعد أن عرفنا زاوية الشو والعوامل المسببة والمقاومة لانزلاق التربة واسباب ضغط التربة يمكننا الآن البحث في حساب هذا الضغط

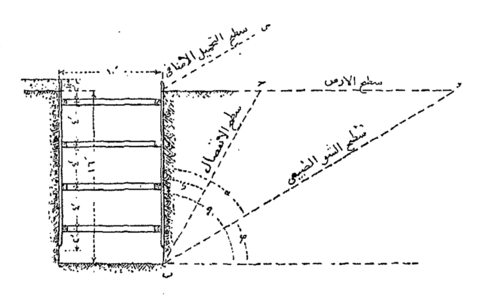
ولحساب ضغط التربة نظريات وقوانين كثيرة وأغلبها مبنى على فرض أن الضغط الجانبي مسبب عن وزن منشور من التربة (ا ب ح) على شكل خابور والذى قاعدته ب ح عبارة عن مستوى الانفصال للتربة Plane of Rupture وهو المنصف للزاوية (٩٠° — Φ) فالشكل ١٤٠ يبين خندقا سطح الأرض أفقيا عند أحد جانبيه ويعمل زاوية مقدارها هـ مع المستوى الافقى عند الجانب الآخر فاذا كان ا ب هو جانب الخندق

وكان ع = ثقل وحدة الاحجام من التربة المسنودة بالشدة

وكانت ص = محصلة الضغوط للتربة المسنودة

وكانت و = المركبة الافقية للمحصلة ص

والزاوية Φ = زاوية الشو و ب ر



شكل ١٤٠

هـ١ = الزاوية و ا س التى يعملها سطح (التحميل الاضافى) Surcharge
مع المستوى الافقى

ع١ = العمق عند أى نقطة من سطح الخندق

ص١ = وحدة جهد الضغط الافقى عند أى عمق ع١ من السطح

فقانون رانكين لحساب ضغط التربة مع اهمال خاصية التماسك التى فى التربة هو كالآتى :

$$ص = \frac{ح ع_1^2}{2} \left[جتا هـ \left(\frac{جتا هـ - \sqrt{جتا^2 هـ - جتا^2 \phi}}{جتا هـ + \sqrt{جتا^2 هـ - جتا^2 \phi}} \right) \right]$$

وهذه المعادلة مفروض فيها أن السطح الواقع عليه الضغط رأسيا وأن ص محصلة الضغوط فى اتجاه مواز لسطح الارض

وفى حالة ما يكون سطح الارض مائلا على الافق بزاوية مقدارها هـ فمن المعتاد أن تعتبر الزاوية هـ مساوية لزاوية الشو ϕ وفى هذه الحالة تكون المعادلة كما يأتى

$$ص = \frac{ح ع_1^2}{2} جتا \phi$$

فاذا كان سطح الارض أفقيا ولم يكن هناك تحميل اضافى فان الزاوية هـ = صفرا وتكون نتيجة المعادلة كالآتى

$$\text{ص} = \frac{\text{ح ع}_{١}^{٢}}{٢}\left\{\frac{١ - \text{جا}\,\Phi}{١ + \text{جا}\,\Phi}\right\} = \text{ن}$$

وفى حالة مايكون ص مائلا وموازيا لسطح الارض الذى يعمل زاوية هـ مع الافق فان ن = ص جتا هـ

فاذا كانت الزاوية هـ = صفر كما هو الحال فى الماء فان

$$\text{ن} = \text{صن} = \frac{\text{ح ع}_{١}^{٢}}{٢}$$

وفى كل الاحوال السابقة ص تختلف مع مربع الارتفاع كما هو الحال فى ضغط الماء وعليه فقد اعتبر أن محصلة الضغط للتربه تؤثر فى نقطة تبعد بمقدار ثلث الارتفاع من أسفل ووحـدة جهد الضغط عند أى نقطة يمكن ايجادها من القانون $\text{ص}_{١} = \frac{٢\,\text{ص}}{\text{ع}_{١}}$

وبما أن زاوية الشو تفرض عادة ٣٠° فيكون القانون فى الحالة التى فيها سطح الارض افقيا هو

$$\text{ص} = \text{ن} = \frac{\text{ح ع}_{١}^{٢}}{٦}$$

$$\text{ص}_{١} = \frac{\text{ح ع}_{١}}{٣}$$

فاذا كان سطح الارض محملا بأثقال اخرى خـلاف التحميل الاضافى الناشىء عن ناتج الحفر والذى يعتـــبر أنه محمل على حافة الخندق ويعمل زاويةمساوية لزاويةالشو Φ مع المستوى الافقى فانه يصير تحويل الاثقال الاخرى الى ارتفاع من التربة فوق سطح الارض يكون سطحه أفقيا ويجب ادخال تأثير الهزات التى تنشأ من حركة المرور ومن دق الالواح ومن آلات الحفر ضمن هـذا الارتفاع وهذه التأثيرات تفرض مقاديرها حيث أنه لايمكن حسابها وقد يحدث أن تتجمع مياه الرشح فى التربة المسنودة بالشدة فتصبح شبه سائل ويصبح ضغطها مساو تقريبا لضغط ماء بارتفاع التربة المسنودة

وهذا هو أقصى مايمكن الذهاب اليه فى حساب ضغط التربة على الشـدة الا فى الحالات الاستثنائية التى يشاهد فيها أن التربة تتحول فعـلا الى روبة لها خواص السوائل

ففى هذه الحالة يمـكن افتراض أن ضغط التربة اكثر من ضغط الماء اذ أن وزن التربة يكون اكبر من وزن الماء لحجم واحد وهذا اذا فرضنا أن ذرات التربة قد فقدت خاصيتى التماسك والاحتكاك فقدانا تاما وأصبحت حرة فى الحركة كما لو كانت ذرات سائل وأن الضغط ينقل من الذرات العليا الى الذرات السفلى رأسيا ثم جانبيا الى الشدة الى أن يصبح للتربة ضغط فى كل اتجاه كما هو الحال فى السوائل فلو صح هذا الفرض لضغطت التربة التى خارج الخندق على التربة التى تحت قاع الخندق بضغط مساو للضغط المسبب عن ارتفاع التربة التى خارج الخنـدق فرفعتها داخل الخندق الى سطح الارض ولـكن هذا لايحدث والذى يحدث فعلا أنه فى بعض الاحوال ترتفع التربة داخل الخندق فوق قاعه الى ارتفاع معين ثم تصبح فى حالة توازن ولـكن لاتصل فى ارتفاعها داخل الخندق الى سطح الارض مطلقا وهذا يكون فى بعض انواع التربة الرملية الرفيعة أو المشبعة بالماء

ويظهر من ذلك أن جزءا بسيطا من التربة المجاورة للشدة هو الذى يتحول الى حالة السيولة ومتى رفع هذا الجزء داخل الخندق فانه يسبب ضغطا على التربة التى تحته فتعود بذلك الى التربة خواصها الطبيعية

فاذا اعتبرنا أن التربة قد حولت الى سائل وحسبنا الضغط على هذا الاعتبار

فان $ص = \frac{ح_{١} ع_{١}^{٢}}{٢}$

$\because$ $ح_{١}$ = ثقل الماء لوحدة الاحجام = ١ أى

$$ص = \frac{ع_{١}^{٢}}{٢}$$

واذا اعتبرنا التربة فى حالتها الطبيعية فان $ص = \frac{ح ع ع_{١}^{٢}}{٢} \left(\frac{١ - جا \Phi}{١ + جا \Phi}\right)$

∴ ع = ١٫٨٠ طن للمتر المكعب

فاذا كانت ϕ = ٣٠° فان $ص = \frac{١٫٨٠}{٢} \times \frac{١}{٣} \times ع_{١}^{٢} = ٠٫٣٠ ع_{١}^{٢}$

وعلى ذلك يكون الضغط فى حالة اعتبار التربة ماءً ضعف الضغط تقريبا فى حالة اعتبار التربة فى حالتها الطبيعية

وللوصول للمقدار الصحيح لضغط التربة المشبعة بالماء يجب أن نعرف وزنها الحقيقى فى حالة تشبعها بالماء

فمن المعلوم أن كل أنواع التربة تحوى مساما بنسب مختلفة عادة من ٢٠ ٪ الى ٤٥ ٪

فاذا فرضنا أن وزن وحدة الاحجام للتربة الجافة هو ع طن للمتر المكعب فان وزن وحدة الاحجام للتربة المشبعة يكون

$$ع_{٢} = ع + \frac{ن}{١٠٠}$$

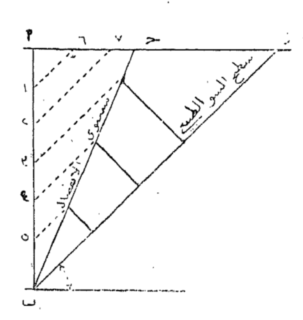
وفيها ع٢ هو مقدار وزن وحدة الاحجام للتربة المشبعة

$\frac{ن}{١٠٠}$ ∴ نسبة المسام وذلك باعتبار وزن وحدة الاحجام للماء = ١

وعلى ذلك فوزن التربة المشبعة يزيد عن وزن التربة الجافة من ٠٫٢٠ الى ٠٫٤٥ طن فى المتر المكعب هذا مع اهمال تأثير التعويم وفى الوقت نفسه يقل مقدار زاوية الشو بسبب تشبع التربة بالماء وهذه هى حالة التربة التى تحت منسوب المياه الجوفية

أما التربة التى فوق منسوب الماء الجوفى والتى تصعد اليها المياه بالخاصة الشعرية فيمكن اعتبار وزنها لوحدة الاحجام بين حالتى الجفاف والتشبع بالماء وكذا زاوية الشو وهذه التربة هى التى ذكرت فى الجدول المبين بزوايا الشو كأنها التربة الرطبة

ولبيان ذلك تخطيطيا Graphically نفرض أن اب هو الشدة وأنها مكونة من طبقات كما هو مبين بالشكل ١٤١



شكل ١٤١

فاذا ازلنا الشـدة فان التربة تنهار الى المستوى ب ى فاذا أعدنا الشدة ثانية بعد ازالتهاوردمنا الفراغ ا ب ى ثانيابعد انهياره فان الجزء(ا ب ى)من التربة والمحجوز بالشدة هو الذى يسبب الضغط عليهاو أن لا تأثير مطلقا للتربة التى تحت السطح ب ى على الشدة ا ب اذا بدأنا الآن بازالة الشدة طبقة بعد اخرى فازلنا أولا الطبقة ا — ١ ثم ١ — ٢ ثم ٢ — ٣ وهكذا فالجزء من التربة ١ — ا — ٦ ثم ٢ — ١ — ٦ — ٧ ثم مايليه وهكذا يميل الى الانهيار على الاسطح ١ — ٦ ، ٢ — ٧ الخ الموازية لسطح الشو الطبيعى ويتسبب عن ذلك ضغوط متناسبة مع مسطحاتها قبل ازالة الالواح وعنـد ما تزال الالواح الى عمق كاف مثل ا — ٤ فان سطح التربة يحرز خاصية التقوس بين ا — ٤ ،(ى هـ)وتؤدى التربة عمل عقد Arch فتصبح قادرة على حمل جسم التربة الذى فوقها ا ع ى هـ ى ٤ فاذا فرضنا أن السطح ٤ ى هـ سند بتلويحة من الخشب وربط بجاويطات داخل جسم التربة كالشكل ١٤٢ فجميع التربة التى تحت السطح ٤ ى هـ يمكن حفرها بكل أمان

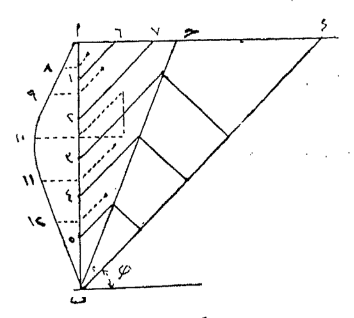
وللوصول الى معرفة ضغط التربة على السطح ا — ١ فى المتر الطولى شكل ١٤١ يضرب حجم الجسم ا — ١ — ٦ فى الثقل النوعى للتربة Specific Gravity ويقسم الحاصل على ظا Φ وبمثل هذه الطريقة يمكن ايجاد الضغط على كل طبقة من طبقات الشدة أو كل لوح على حدة

شكل ١٤٢

فعلى السطح ١ — ٢ يؤخذ وزن الجسم ١ — ٦ — ٧ — ٢ وهكذا ونقطة تأثير الضغط المسبب عن وزن كل جسم تكون عند تقاطع الخط الذى يمد

من مركز ثقل الجسم موازيا لمستوى الشو مع السطح المطلوب ايجاد الضغط عليه وتكون نقطة تأثير محصلة الضغوط Resultant Pressure هى نقطة تقابل الخط الذى يقام موازيا لمستوى الشو من مركز ثقل المثلث ا ب حـ مع السطح (ا ب) وهى فى الثلث من قاع الخندق ومن ذلك يتضح أن جسم التربة الموجود داخل المنشور ا ب ء ينقسم الى قسمين عند السطح ب حـ فالمنشور ا ب حـ يميل الى الانهيار ويسبب ضغطا على الشدة والجسم ب حـ ء يلقى بثقله على مستوى الشو (ب ء)

وبحساب الضغوط المسببة عن وزن الاجزاء ا — ١ — ٦ ٢ ٦ — ١ — ٢ — ٧ الخ وعمل رسم بيانى لهذه الضغوط يتضح منه أن اكبر هذه الضغوط واقع فوق منتصف السطح ا ب بقليل كما هو مبين بالشكل ١٤٣



شكل ١٤٣

فاذا اعتبرنا أن الشدة تسند جسما من الماء كما هو الحال فى السدود المحيطة التى تسند ماء Cofferdams فالشكل ١٤٤ يبين مقارنة بين الضغوط باعتبار الجسم المسنود ماءً بدلا من تربة وكذا باعتباره روبة أو تربة حاملة للماء فباعتبار أن المسنود ماءً وكان

ا ب هو الشدة السائدة

ب م = ضغط الماء عند أسفل الشدة فأن

ا ر يكون الخط البيانى للضغوط باعتبار الجسم المسنود ماء

وبما أن وزن الماء = ٧٠ ٪ تقريبا من وزن التربة فأذا أخذنا نقطة حـ بحيث أن ب حـ = ٧٠ر من ب ر فأن ا حـ يكون الخط البيانى النسبى للضغوط فأذا نقلنا من الشكل السابق المنحنى ا — ١ — ٢ — ٣ — ١٠ — ١٣ — ب على هذا الشكل فأنه يمكن المقارنة بين المنحنيين اللذين يمثلان ضغط التربة الجافة وضغط الماء فى شكل واحد

وفى حالة التربة الشبه سائلة أو الحاملة للماء أى التى فيها كل الفجوات الموجودة بين ذرات التربة Voids مملوءة بالماء (وهذا المـــاء يمكن التخلص منه بواسطة صرفه فى مجارى أو نزحه بطلمبات أو طرده بالهواء المضغوط) فأنه عند ما تتعرض الشدة الى ضغط التربة والمياه التى بين مسامها مما فلا يمكن اعتبار الضغط كأنه مولد عن ضغط الماء بكامل مقداره مضافا اليه ضغط التربة بكامل مقداره باعتبار ثقلها النوعى فى المياه

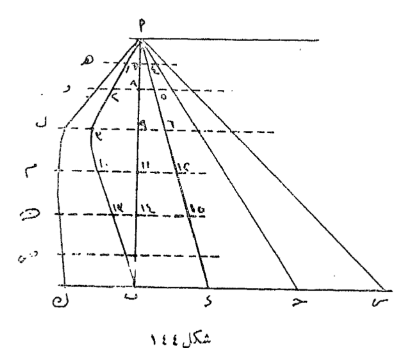
كما أنه لا يمكن أن نفرض أن الضغط مسبب عن حجم جسم شبه سائل ثقله النوعى يساوى وزن التربة وما يتخللها من الماء معاً

ومن الواضح انه مادام لا يوجد للميـاه التى تتخلل مسام التربة حركة تسبب نحرا فان هذا المـاء لا يغير كثيرا فى تأثير الضغط المسبب عن حجز التربة المسنودة وذلك بسبب تأثيرها على خاصية تماسك ذرات التربة وكذا بتأثيرها على الثقل النوعى للتربة بسبب تعويمها

والفرض الاقرب الى الصحة والذى يمكن الاخذ به ليكون المهندس على جانب الامن هو أن نهمل تأثير تقليل الوزن بالتعويم الناشىء عن تخلل المياه لذرات التربة وأن نعتبر الضغط الواقع على الشدة كأنه الضغط الناشىء عن التربة الجافة مضافا اليه الضغط الناشىء عن المياه التى تتخلل ذرات التربة

فاذا فرضنا للسهولة ان مسام التربة هى ٥٠ ٪ من حجمها فان وحدة الضغط على أى عمق يمكن قياسها

بين ا ب ٩ ا ل ك فى الشكل ١٤٤



شكل ١٤٤

وفيه ب ى = $\frac{ب ح}{٢}$ ؟ اى هو الخط البيانى للضغط المسبب عن المياه التى تتخلل فجوات التربة

وبما ان ا — ١ — ٢ — ٣ — ١٠ — ١٣ — ب يمثل الخط البيانى لضغط التربة الجافة فانه باضافة الاحداثيات هـ — ١ مساويا الى ٧ — ٤ ؟ و — ٢ مساويا الى ٨ — ٥ الخ يمكن الحصول على المنحنى البيانى ا ـ هـ ـ و ـ ل ـ م ـ ن ـ ص ـ ك لضغط المياه التى بين المسام وضغط التربة متحدين فاذا كانت المياه اعلا أو أوطى من سطح الارض فيجب مراعاة ذلك عند رسم المنحنى البيانى لضغط المياه

ملحوظة — يستعمل فى ايجاد احداثيات منحنى الضغوط للتربة الجافة نظرية رانكين السابق شرحها باسهاب

حساب الشدات

بعد حساب الضغوط يصير تصميم قطاع المدادات والكباسات والواح الشدة الأخرى سواءً الافقية أو الرأسية تبعا لحالة الشدة المستعملة

فتحسب المدادات بحيث تقاوم أقصى عزم انثناء Max. B. M. واقصى جهد للقص Max. Sh. F.

ويلاحظ عند حساب اقصى عزم انثناء واقصى جهد القص ادخال كل القوى المؤثرة والاحمال الاضافية والاحمال الحية Live Loads وفرض جهود فى نظير الهزات التى قد تحدث إن كانت ذات تأثير كبير

بعد حساب اقصى عزم انثناء واستخراج قطاع المدادات منه يصير حساب وحدة جهد القص Intensity of Sh. Stress لهذا القطاع من اقصى جهد للقص ويجب ان ينتخب قطاع المدادات بحيث يكون مأمونا

ثم تحسب ردود الافعال عند نهايات الكباسات ويستخرج منها قطاعها على اعتبار انها اعمدة محملة بردود الافعال ويلاحظ ان يجعل ارتفاع كل من المدادات والكباسات متساويا ثم يصير حساب الالواح الاخرى كل تبعا لحالته ونوع الاحمال المحمل بها وهذه الطريقة للحساب هى فى جانب الامن لان الواقع أن الجهود المؤثرة هى أقل من المفروضة سابقا لأن المعتاد أن يكون حفر الخنادق لوقت قصير وأن خاصية التماسك فى كثير من انواع التربة تقلل من مقادير الجهود بنسب كبيرة وهذه الطريقة فى الحساب تعطى ابعادا مختلفة للمدادات والكباسات التى فى شدة واحدة خصوصا اذا كان عمق الحفر كبيرا ولكن المتبع عمليا أن تستعمل كل المدادات من ابعاد واحدة وكذا كل الكباسات

والرجل العملى الذى له خبرة بأنواع التربةوشدجوانبها لا يلجأ للحساب الا للاسترشاد ويعتمد على تقديره فى اختيار ابعاد الشدة

حساب الستائر — طريقة الحساب السابقة يمكن تطبيقها عند حساب قطاعات الستائر الساندة للتربة أما اذا كانت الستائر ساندة للماء كما هو الحال فى الصناديق المحيطة القاطعة للماء Cofferdams فتحسب باعتبار الثقل النوعى للماء

الباب الثامن

الاساسات

انواعها وتصميمها

قد شرحنا الى هنا كيف يبدأ المهندس بعمل مساحة جيولوجية ثم الكشف عن تكوين وتركيب طبقات التربة بالطرق المختلفة ثم طرق الحفر المتباينة التى يستعملها لكل حالة تصادفه وكيفية مكافحته للصعوبات التى تظهر أثناء الحفر وكيفية شد الحفر لوقايته فلم يبق أمامنا الآن الا أن يضع المهندس أساس الاعمال ولكن نرى أن نبحث أولا الاسباب التى تدعو الى فشل تصميمات المهندس والعوامل التى باهمالها يعرض أعماله وأساساته للسقوط ويمكن اعتبار هذه الاسباب أربعة

١ — الهبوط

٢ — الزحف

٣ — الانزلاق

٤ — النحر

وفيما يلى شرح لكل منها باسهاب

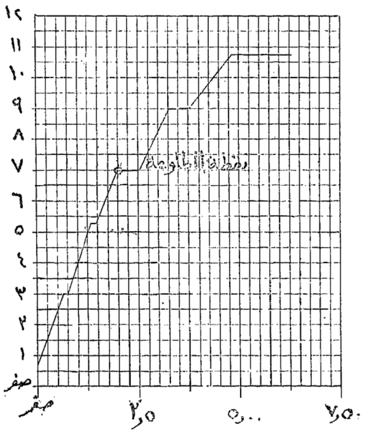
الهبوط

عبارة عن نقل التربة وكذا المنشئات من المستوى الافقى التى هى عليه الى مستوى أفقى آخر على منسوب منخفض عنه وقد يحدث هذا الهبوط فى جزء من المبنى دون الجزء الآخر كما أنه قد يحدث فى المبنى جميعه وذلك حسب نوع التربة التى تحت جزء من البناء أو تحت البناء كله فان كانت التربة ضعيفة تحت جزء من البناء وقوية تحت باقى البناء فأن التربة ومعها البناء يهبطان فى الجزء الضعيف دون باقى البناء وان كان البناء كله على تربة ضعيفة فأن الهبوط يشمل البناء كله

وقد يحدث الهبوط قبل اتمام البناء ويستمر بعد اتمام البناء وكذا بعد ان يستقر البناء قد يحدث هبوط آخر بسبب تقلقل التربة التى تحته الناشىء عن حفر مجاور للبناء

والهبوط يعزى الى أسباب كثيرة منها ان الحفر فى التربة وتهيئتها بتفكيكها أو نزح المياه يسبب تفككا فى سطح الطبقة التى سيصير التأسيس عليها وتحميل تربة هذه حالتها ينشأ عنه ضغط السطح المفكك فالهبوط كما أن الحفر وازالة ارتفاع من التربة يتسبب عنه رفع حمل كبير كان واقعا على سطح التأسيس ونظرا لمرونة التربة فأن هذا السطح قد يرتد الى اعلا عند رفع التربة التى فوقه فيعود الى الهبوط ثانية بسبب تحميله بالاساس والبناء الذى فوقه ولكن الضغوط المسببة عن الاساس والبناء هى أكبر من الضغوط التى كانت مسببة عن التربة التى ازيلت بسبب تهيئة سطح التأسيس وبذا تنضغط التربة عند سطح التأسيس الى اكثر مما كانت عليه قبل الحفر وذلك تبعا لقابليتها للانضغاط Compressibility فأن كانت التربة رخوة وقابليتها للانضغاط كبيرة فقد يستمر الهبوط الى نقطة المطاوعة Yield Point فأذا كانت الاحمال كبيرة لدرجة يصل معها الهبوط الى نقطة المطاوعة او ما بعدها فأن التربة تفقد مقاومتها للانضغاط وتحدث اما قلقلة التربة Displacement تحت تأثير الضغوط أو تفتت ذراتها أو سحقها Crushing ويتسبب عن ذلك اضرار جسيمة بالاساس والبناء فاذا كان ط هو مقدار الهبوط المسبب عن ضغط ض كجم / سم ٢ فان ض = ث × ط وفيها ث مقدار ثابت يختلف باختلاف نوع التربة ومقدارها اكبر فى التربة الصلبة عن نظيره فى التربة الرخوة وهذا القانون يسرى الى نقطة المطاوعة وبعدها يزيد الهبوط زيادة غير متناسبة مع الضغط والشكل ١٤٥ يبين ذلك فالاحداثى الرأسى يبين الحمل بالطن على القدم المربع والافقى يبين مقدار الهبوط بالسنتيمتر ولغاية نقطة المطاوعة اذا ازيل التحميل الذى على التربة فانها ترتد ويزول الهبوط كله أو جزء منه حسب مرونتها Elasticity وبعد هذه النقطة لا ترتد التربة عند ازالة الاحمال ويلاحظ تأثير فترات الانتظار واستمرار

الهبوط فيها خصوصا بعد نقطة المطاوعة



شكل ١٤٥

فلنفرض أن نقطة المطاوعة عند الحمل $ص_١$ فاذا فرضنا أننا حملنا التربة بحمل $ص_٢$ اكبر من $ص_١$ فعند ازالته تبقى التربة متأثرة بهبوط مقداره $ط_٢$ اكبر من الهبوط $ط_١$ الحادث عند نقطة المطاوعة وفى بعض الحالات اذا تخطى فى تحميل التربة نقطة المطاوعة فانها تستمر فى الهبوط بلا توقف ولكن ببطء .

مرونة التربة وقابليتها للانضغاط Elasticity and Compressibility – كل أنواع التربة تقريبا فيها خاصية المرونة ولكن بدرجات تتفاوت حسب نوع التربة ومقدار تماسكها وكمية المياه التى بها وخاصية المرونة هى التى تجعل التربة تنزع دائما الى الارتداد بعد ازالة الاحمال المسببة لانضغاطها وكثيرا ما يشاهد ذلك عند تحميل خازوق ثم رفع الحمل الذى فوقه وكذا عند تحميل جدار على عفاريت أو كتل خشبية فى حالات التنكيس ثم اخلائها من التحميل ولكن التربة تفقد خاصية المرونة عند ما تزيد الاحمال عن نقطة المطاوعة وهذه النقطة

يعبر عنها بمقدار الحمل الذى تفقد التربة عنده مرونتها فتستمر فى الهبوط ولا ترتد عند ازالة الحمل الذى عليها وتختلف مقادير نقط المطاوعة تبعا لنوع التربة وتركيبها

والتحميل الغير منتظم على التربة ينشأ عنه تحميل جزء منها بجهود اكبر من الجزء الآخر فينشأ عن ذلك فقد هـــذا الجزء لمرونته وانضغاط التربة وهبوطها فى هذا الجزء

ومن المعلوم أن بعض أنواع التربة متماسكة بمواد لاصقة Cementing Materials وينشأ عن التماسك أن تصبح أكثر ثباتا من التربة المفككة وتكون زاوية الشو فى التربة المتماسكة اكبر من نظيرتها فى التربة المفككة فاذا تلفت هذه المواد اللاصقة من تأثير الضغط الواقع على التربة فان التربة تصبح مفككة وأكثر قابلية للانضغاط والهبوط

أما فى التربة المفككة فان الحمل ينقل من الطبقــات العليا الى الطبقات التى تليها عن طريق حبات التربة ولمــا كانت أحرف Edges الحبات هى أضعف جزء فيها فانها تتفتت تحت تأثير الضغوط اذا زادت هذه عن قوة تحملها ويصحب ذلك عادة انضغاط التربة وهبوطها وتختلف مقاومة الحبات للتفتت تبعا لتركيبها

وبما أن أكثر أنواع التربة تحوى موادا عضوية بنسب مختلفة وخصوصا القريب منها من سـطح الارض كالتربة النباتية Peat وبعض أنواع التربة الجيرية وبما ان تأثير الضغوط على المواد العضوية سىء اذ يتسبب عنها انضغاطها وتفلصها Shrinkage فمن المعتاد عدم التأسيس أو البناء على التربة التى تحوى موادا عضوية Organic Matters ومن العوامل التى تؤثر على مقدار قابلية التربة للانضغاط مقدار ماتحويه بين حباتها من ماء فان التربة الناعمة الحبات Fine Grained اذا كانت تحوى ماءً كثيرا فان وجود الماء يؤثر على حبــات التربة بتعويمها وبذا تصبح هذه الحبات قابلة للانضغاط تحت تأثير الاحمال وبما أنه تحت تأثير الضغوط قد تتخلص التربة من جزء من كمية الماء الذى بها بسبب صرفه الى جهات أخرى فقد تقــــل قابلية التربة للانضغاط متى

ضغطت بالحمل الواقع عليها وهذا فى التربة التى تكون قابلة للتخلص من بعض الماء الذى بها

أما ان كانت التربة طينية مندمجة رفيعة الحبات بحيث لا تسمح لجزء من مياهها أن يتسرب فأن التربة تكون أقل قابلية للانضغـاط بسبب احتفاظها بما فيها من ماء

الزحف Flowing

يحدث الزحف بسبب تشبع التربة بالماء ويكون الزحف فى هذه الحالة على نوعين

الاول ينشأ عن نحر الماء لحبـات التربة كأن يسير المـــاء تحت ضاغط Head كما هو الحال فى قناطر الحجز والاهوسة وما اليها

والنوع الثانى ينشأ عن الضغط المباشر على التربة المشبعة بالماء

وقـد يكون الزحف نتيجة عدم تماسك التربة فتزحف تحت تأثير ثقل التربة الذى فوقها أو تحت تأثير الضغوط الناشئة عن المبانى

وكما أن الزحف قد ينشأ عن عدم تماسك حبات التربة فقد ينشأ عن التماسك المفرط Exceeding Cohesive strength والزحف فى مثل هذه الحالة يكون عادة بطيئا ومماثلا لحالة السوائل اللزجة Viscous Liquids ولا يبدأ الزحف فى مثل هـــذه الحالة الا بعد تخطى جهد معين تبعا لتركيب التربة ولـكن متى بدأ الزحف فأنه يستمر حتى على جهد أقل من الجهد الذى كان لازما لبدء الزحف

الانزلاق

عبارة عن انزلاق المادة المكونة للتربة على طبقة التربة التى تحتها وبوجـه خاص اذا كانت هذه الطبقة منحدرة ومن نوع زلق من تأثير وجود المياه وكذا من انخفاض منسوب الماء الفجائى فى التربة كما يحدث بسبب انخفاض المياه بالانهار المجاورة مثلا أثناء التحاريق فأن التربة التى تكون مشبعة بالماء

أثناء الفيضان تنزلق بمجرد انحسار الماء عنها وذلك لان الماء كان يعمل على حفظها فى مكانها

التآكل أو النحر Erosion

ينشأ النحر عادة من سرعة المياه بين حبات التربة وعلى اسطحها كما يحدث فى حالة مواقع القناطر مما يستدعى تكسية جوانب وقاع المجرى بالاحجار وكذا ما يحدث فى التربة تحت فروشات القناطر بتأثير الضاغط المائى المسبب عن فرق التوازن مما يستدعى حجز التربة بستائر أو تطويل خط الرشح حتى تنعدم سرعة الماء

وكذا تغيير مناسب المياه بطبقة التربة من عوامل نحرها

وقد يكون النحر نتيجة فعل الرياح على التربة فيكشف أساس البناء وكذا من تأثير العوامل الجوية الاخرى ولذا يجب عمل التأسيس على عمق كاف من سطح الارض وقاية من الرياح والعوامل الجوية الاخرى

الاساسات

الآن يمكننا شرح طرق التأسيس المختلفة وكيفية تصميم كل منها مع المحافظة على سلامة البناء

قبل البدء بتصميم الاساس لأى عمل يجب عمل المباحث اللازمة للوصول الى معرفة قوة تحمل التربة Safe Bearing Capacity or Bearing Power ويجب الحصول عليها من نتائج تجارب التحميل على نفس التربة التى سيقام عليها الاساس أما النتائج الموجودة عن أعمال سابقة فلا يمكن الاعتماد عليها كما سبق أن بينا الا من حيث أنها تعطى فكرة سطحية للمهندس .

وفيما يلى كشفاً يبين انواع التربة المختلفة وقوة تحمل كل منها

نوع التربة	قوة تحمل التربة بالكيلو جرام/سم ٢
الصخور الصماء (الصلبة)	١٥ – ٤٠ كجم/سم ٢
« « المتوسطة	١٠ – ١٢ « «
« « الضعيفة	٥ – ٨ « «
الحصا المندمج أو المتماسك	٤ – ٦ « «
« الغليظ	٣ – ٤ « «
« المفكك	٢ – ٣ « «
رمال وحصا متماسكة	٤ – ٥ « «
« « مفككة	٢ – ٣ « «
الرمال – حرشة جافة أو مبللة	٣ – ٤ « «
« – ناعمة جافة	٢ – ٣ « «
« – ناعمة مبللة	٢ « «
الرمل الزئبقى	صفر – ½ « «
الطينة الصفحية	٦ « «
« الصلبة الجافة	٤ « «
« الرخوة المبللة	١ « «
« الرملية الجافة	٣ « «
« « المبللة	١ « «
رواسب نهرية	½ – ¾ « «
الردم	صفر – ١½ « «

تقسيم الاساسات

تنقسم الاساسات الى قسمين

١ ـ الاساسات المنتشرة Spread Foundations

٢ ـ الأساسات العميقة Deep Foundations وتشمل الخوازيق والعلب والآبار

الاساسات المنتشرة

نظرية تصميم الاساسات المنتشرة مبنية على توزيع الحمل على مسطح معين من التربة بحيث ان جهود الضغط التى تحدث على التربة من تأثير الحمل لاتتجاوزقوة تحمل التربة ولهذا يكون مسطح الاساس اكبر من مسطح الحائط أو العامود الذى يحمله فيبرز الاساس المنتشرعن الحائط فى كل اتجاه ولكن هذا البروز له حدود كما سنشرح ذلك فيما بعد

والاساس المنتشر يقوم بتوزيع الضغوط على التربة التى تحته توزيعا غير متساو ولا منتظم بل متباين تباينا كبيرا

فاذا فرضنا ان ص هو مجموع الاحمال الرأسية الواقعة على التربة تحت الاساس وكانت نقطة تأثير ص فى منتصف الاساس

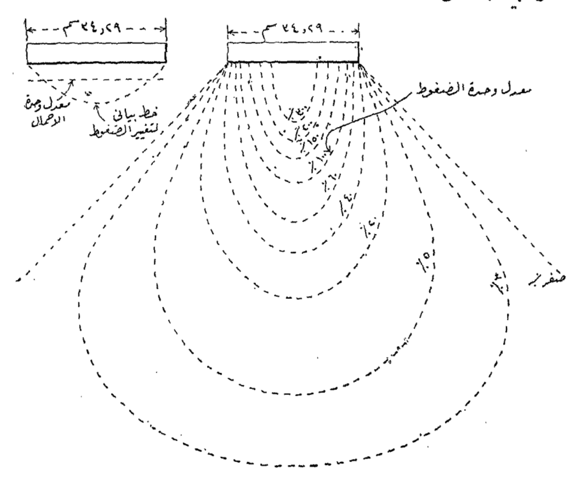
فقد دلت دراسة توزيع الضغوط والاختبارات التى عملت لهذا الغرض على أن الحمل ص يوزع الى ضغوط يمكن ان تمثل باحداثيات يتكون عنها قطعا مكافئا يكون اكبر احداثياته فى المنتصف عند نقطة تأثير الحمل وتصغر الاحداثيات تدريجيا حتى تتلاشى اذ يتلاشى تأثير الحمل اذا كان الحمل مؤثرا فى وسط الاساس

ولكن فى المسطحات الكبيرة يكون الخط البيانى للضغوط عبارة عن قطعين مكافئين مماسين لخط افقى فى الوسط

ولشرح ذلك بوضوح تام نورد المثل الآتى

وجد ان توزيع الضغوط على اساس مستدير قطر ٣٤٫٢٩ سم هو كالمبين بالرسم رقم ١٤٦

اى ان الضغط عند المنتصف ثلاثة اضعاف معدل الضغوط الذى يساوى ص ÷ مسطح الاساس ثم تختلف الضغوط بنسب مختلفة لمعدل الضغوط كما هو مبين بالشكل ١٤٦



شكل ١٤٦

ووجد ان جميع هذه الخطوط البيانية التى تبين نسب الضغوط لمعدل الضغوط عند كل نقطة من الاساس مشمولة ضمن زاوية قدرها ٦٠° مع الافق

ويلاحظ ان هذه النسب هى خاصة بالحاله موضوع البحث فقط ولكنها تختلف فى اى حالة اخرى وقد دلت الاختبارات على انه كلما زاد المسطح كلما زادت الاختلافات

الاساسات العميقة

تقوم بنقل الحمل الى الطبقات التى تدق اليها اما للانتفاع بصلابتها ومقدار قوة تحملها الكبير واما للانتفاع بمقاومة الاحتكاك على جوانب الخوازيق او العلب او ماالبها نظرا لكبر العمق الذى تدق اليه

وفى حالة الاساسات العميقة كلما زاد العمق كلما زاد المسطح الذى يوزع الحمل عليه

وكل اساس يمكن اعتباره مكونا من وحدات تنقل الحمل الذى عليها الى التربة التى تحتها بحيث تصبح التربة حول الخازوق مضغوطة داخل جسم يشبه المخروط Connoid يتزايد فى مسطح قطاعاته من اعلا الى اسفل

فاذا امكن بناءً على هذه النظرية الانتفاع بكل مسطح الارض عند الطبقة التى تدق اليها الخوازيق (وذلك لا يكون طبعا الا اذا كان عدد الخوازيق كافيا لهذا الغرض) بحيث تكون الاشكال الشبه مخروطية المولدة عن الخوازيق متماسة عند قواعدها فغاية ما يمكن تحميله لمسطح الارض فى هذه الحالة هو مسطحها مضروبا فى قوة تحملها

وهذه هى الحدود التى يمكن الوصـــول اليها فى تصميم أى أساس سواءً منتشرا او عميقا ولا يخفى مافى ذلك من اقتصاد اذ يستغل المهندس كل المسطح الذى سيبنى عليه فى مقاومة الاحمال فاذا وصل بالخوازيق الى عمق يكون معه كل مسطح الارض مسخرا فى مقاومة الاحمال فان دق أى خوازيق فى الارض بعد هـذا الحد لن يكون ذا فائدة تذكر ولا يمكن الاعتماد حتى على مقاومة الاحتكاك بين جوانب هذه الخوازيق والتربة لان الاحتكاك له قيمته فقط طالما انه يساعد فى نقل الاحمال الى طبقات أعمق أما وقد وصلنا الى دق عدد معين من الخوازيق لغاية طبقة على عمق أصبح عنده كل مسطح الارض مسخرا فكل زيادة فى عدد الخوازيق تعتبر اسرافا

تصميم الاساسات المنتشرة

اذا كانت الطبقة التى سيوضع فوقها الاساس ذات قوة تحمل كبيرة فيعمل أساس منتشر لانه أوفر فى مثل هذه الحالة ويلاحظ عند عمـل الاساسات المنتشرة عدم مخالفة لوائح التنظيم لانها لا تسمح ببروز الاساس عن البناء الا بمسافة معينة فى الشوارع فاذا وجد أن تصميم الاساس المنتشر يستدعى بروزا أكبر من المقرر فى لوائح التنظيم فيعدل عن تصميم أساس منتشر ويعـــمل أساس عميق واذا كان بروز الاساس المنتشر كبيرا وجب تسليحه باسياخ أو

قضبان وبما أن تكاليف ذلك قد تزيد عن تكاليف اساس عميق فيجب عمل مقارنة واختيار الاقل كلفة

والاساسات المنتشرة تصمم عادة على اعتبار ان الحمل يوزع بانتظام على التربة التى تحت الاساس

فاذا فرضنا أن الحمل الرأسى ص طن وأن مسطح الاساس $ب^{٢}$ متر مربع فان معدل الضغوط تحت الاساس يعتبر $\frac{ص}{ب^{٢}}$ طن /$م^{٢}$ ويجب ان يلاحظ فى التصميم ان لا يزيد معدل الضغوط عن قوة تحمل التربة مع استعمال معامل امن حتى لا يحصل هبوط ويلاحظ أن تصميم الاساس على هذا الاعتبار هو فى جانب الامن لان الضغوط تقل كلما اتجهت من منتصف الاساس نحو حافتيه فمن باب الاقتصاد ان يعمل الاساس مدرجا نحو حافتيه

ولكن يحسن أن يكون الاساس ذا سمك واحد فى الاساسات الصغيرة زيادة فى الامن ولو ان ذلك يزيد الحمل على التربة ويزيد فى هبوطها ولكن فى الاساسات الكبيرة تدرج الاساسات لمراعاة الاقتصاد

فاذا كانت التربة من الأنواع التى تزحف اذا ماتأثرت بضغط لتشبعها بالماء أو لرشح المياه تحت تأثير ضاغط من بين حباتها كما هو الحال فى القناطر وما اليها أو اذا كانت التربة معرضة للزحف بسبب حفر فى المستقبل لاساسات مجاورة لها أو لسبب رشح المياه التى فيها الى المجارى أو بسبب سحب المياه من الحفر بواسطة طلمبات أثناء التنفيذ

فيلزم اتخاذ احتياطات فعالة لحجز التربة ومنعها من الزحف (Creep) فبعد أن يحوط الحفر بستائر من أى نوع لتقليل الرشح ومنع زحف التربة يصير الحفر للاساس الى منسوب يؤمن معه عدم زحف التربة بتأثير الحفر لاساسات مجاورة ويمكن معالجة حالة كهذه بصرف الماء من التربة فان ذلك يزيد فى قوة تحملها بسبب جفافها

ولمنع تسرب الرمال أو التربة من أى نوع الى داخل المجارى الفخار التى توضع بغرض صرف مياه المنطقة يصير ملء لحاماتها بحبل قلفاط (Burlap.)

لان زحف التربة وهروبها فى المجارى يؤدى الى نحرها من تحت الاساس وهبوط الاساس والاضرار بالمبانى

وقد يتراءى للمهندس اذا ماظهرت له تربة ضعيفة أو روبة أن يعالجها بوضع طبقة من الاحجار أو الحصى أو الرمال الحرشة فوق التربة الضعيفة ولكن ذلك لا يؤدى الى الغرض لانه مادامت الطبقة التى وضعت عليها الاحجار أو الحصا أو الرمال ضعيفة فانه متى بنيت العمارة وتم تحميل التربة تغوص الاحجار أو الحصا أو الرمال فى التربة الضعيفة ويحصل هبوط غير منتظم

وأحسن علاج لحالة كهذه هو ازالة الطبقة من التربة الضعيفة أو معالجتها لتقويتها بالطرق السابقة

أما التربة الضعيفة التى يجدر بالمهندس ازالتها وعدم التأسيس فوقها

١) التربة النباتية او التى تحوى موادا عضوية

٢) التربة الناعمة المشبعة بالماء «كالمستنقعات»

٣) الرمل الزئبق

٤) الردم

٥) الرواسب المائية الناعمة

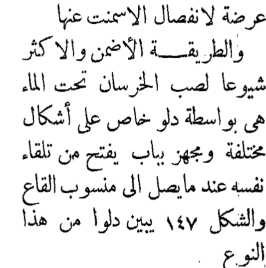
فاذا وجد ان هذه الطبقات ممتدة الى اعماق كبيرة وان ازالتها تكلف كثيرا فيحسن معالجتها لتقويتها أو للتأسيس على طبقة أعمق منها مع عدم ازالتها

واذا وجدت طبقة رقيقة من الطين او الرمل أو الحصا تحتها طبقة صخرية صماء ووجد أن ازالة الطبقة العليا لا يكلف كثيراً فيحسن ازالتها والتأسيس على الطبقة الصخرية خصوصاً فى الاعمال الكبيرة

صب الخرسانة تحت الماء

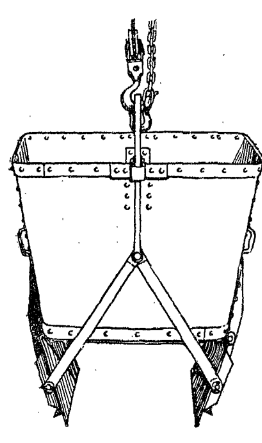
وقد بينا فى الباب الخامس ضرورة التخلص من المياه الجوفية قبل وضع الأساس وطرق ذلك باسهاب فاذا اضطر المهندس لالقاء الخرسانة فى الماء فعليه أن يستعمل احدى الطرق الآتية

ويجب ان يبذل عناية فائقة فى المحافظة على سكون الماء لان أى حركة فى المـــاء تتلف الخرسانة ويحافظ عادة على سكون الماء بعمل ســـدود من ألواح خشبية أو حديدية وبذلك يقسم الأساس الى جملة أجزاء ولصب الخرسانة فى الماء فائدة عـــدم جفاف الاسمنت أثناء تجمده وتصب عادة الخرسانة داخل ماسورة يكون أعلاها فوق سطح الماء وأسفلها عند المنسوب المراد صب الخرسانة عليه وبذا تضغط الخرسانة أثناء صبها ويقوم هذا الضغط مقام دقها ولو ان صب الخرسانة بهـــذه الطريقة يجعلها عرضة لانفصال الاسمنت عنها



والطريقـــة الأضمن والاكثر شيوعا لصب الخرسان تحت الماء هى بواسطة دلو خاص على أشكال مختلفة ومجهز بباب يفتح من تلقاء نفسه عند مايصل الى منسوب القاع والشكل ١٤٧ يبين دلوا من هذا النوع

فعند مارسو الدلو على الارض يفك مزلاج الباب ثم يجذب الدلو فيفتح الباب وتسقط الخرسانة على الارض ويوجد انواع أخرى من الدلاء تفتح من أحد جوانبها بجذب باب فى هذا الجانب



شكل ١٤٧

ويجب ملاحظة وضع الخرسانة جافة فى الدلاء ولكن مخلوطة خلطا جيدا ولا مانع من استعمال خرسانة قليلة البلل « مفلفلة » ويجب أن تكون الدلاء محكمة جدا بحيث لاينفذ المـاء اليها

أقل عمق توضع عليه الاساسات من سطح الارض

يجب أن تكون الاساسات مدفونة فى الارض حتى تكون بعيدة عن التأثيرات الجوية من جهة وحتى لا يتسبب عن انضغاط التربة التى تحت الاساس أن ترتد التربة المحيطة به تحت تأثير الضغط الى أعلا والواقع على التربة التى تحت الاساس

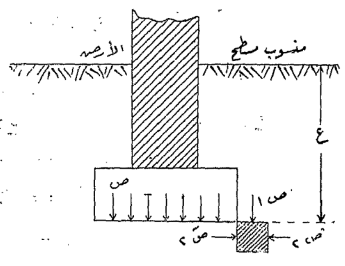
ولذا يجب أن يكون الاساس على عمق كاف حتى يكون ثقل التربة الذى فوق الاساس كافياً لمقاومة الضغط الى أعلا

فاذا فرضنا أن ص هى وحدة أقصى ضغط رأسى على التربة التى تحت الاساس فانه يتولد عن هذا الضغط ضغطا أفقيا $ص_٢$ يكون مقداره كالآتى

$$\frac{ص}{ص_٢} = \frac{١ + جا \Phi}{١ - جا \Phi}$$

$$ص_٢ = ص \times \frac{١ - جا \Phi}{١ + جا \Phi}$$

وهذا الضغط الافقى يتولد عنه ضغطا رأسيا الى اعلا $ص_٣$ كما هو مبين بالشكل ١٤٨



شكل ١٤٨

$$\frac{ص_٢}{ص_٣} = \frac{١ - جا\,\phi}{١ + جا\,\phi}$$

ولكن $ص_٢ = ص'_٢ = ص \times \frac{١ - جا\,\phi}{١ + جا\,\phi}$

$$\therefore ص_٣ = ص \left(\frac{١ - جا\,\phi}{١ + جا\,\phi} \right)^٢$$

وهذا الضغط الى اعلا $ص_٣$ يجب ان يقاوم بوزن التربة التى فوقه فاذا فرضنا ان الاساس على عمق ع من سطح الارض وان وزن التربة التى ارتفاعها ع هو ث ع اذا كانت ث هى الثقل النوعى للتربة

وعليه يجب ان يكون

$$ث\,ع = ص \left(\frac{١ - جا\,\phi}{١ + جا\,\phi} \right)^٢$$

ومن ذلك يكون $ع = \frac{ص}{ث} \left(\frac{١ - جا\,\phi}{١ + جا\,\phi} \right)^٢$

ويمكن الحصول على قوة تحمل التربة عند العمق ع من تجارب التحميل او من القانون الخاص بازدياد قوة تحمل التربة تبعا للعمق

$$ص_ع = ص_١ + ن\,.\,ع \left(\frac{م\,.\,ع\,(ع - ٢و٥)}{س} \right)$$

والذى سيرد برهانه فى الباب العاشر

وفيه $ص_ع$ = قوة تحمل التربة عند العمق ع

$ص_١$ = « « « سطح الارض

ن . ع = ضغط التربة وما تحويه من ماء عند العمق ع

م = محيط الاساس

س = مسطح قطاع الاساس

ح = مقدار اقصى احتكاك بين التربة والاساس على وحدة السطوح

ع = عمق الطبقة التى وضع عليها الاساس

ابعاد الاساسات المنتشرة

الغرض من تصميم أساسات منتشرة على تربة ما هو امكان توزيع الضغوط على التربة توزيعا منتظما ومتساويا بقدر المستطاع وذلك ليكون الهبوط الذى يحدث متساويا ومنتظما أيضا

وأحسن انواع الأساسات المنتشرة لضمان ذلك هو الأساسات الخرسانية المسلحة لأنها مربوطة ربطا وثيقا مع جسم البناء كله من اعمدة وأعتاب وطوابق فاذا ما زاد الحمل على احد أساسات الاعمدة وأصبح الاساس قابلا للهبوط فأن أسياخ التسليح تقوم بتخفيف الحمل عنه وتوزيعه على أساسات اعمدة أخرى

وللحصول على ضغوط تقرب من الانتظام والتساوى يجب جعل ابعاد الأساسات متناسبة مع ما عليها من الأحمال وذلك لأن الاحمال التى على الاعمدة الداخلية لبناء ما أكبر من الأحمال التى على الاعمدة الخارجية ولذا يجب أن تكون أساسات الأعمدة الداخلية ذات مسطحات أكبر من مسطحات أساسات الاعمدة الخارجية

أنواع الاحمال

والأحمال التى تؤثر على الأساسات ويجب اعتبارها عند تصميم الأساس تلخص فيما يلى

١ — الحمل الدائم للبناء Dead Load

٢ — الحمل الحى الذى يؤثر على البناء (كالأشخاص والعربات وما إليها)

٣ — ضغط الرياح

٤ — ضغط الاتربة فى حالة الحوائط الساندة لأتربة

٥ — وزن الاتربة فوق بروز الأساس فى حالة الحوائط الساندة لأتربة

٦ — ضغط الماء فى حالة الحوائط الساندة لماء

٧ — الاحتكاك بين الاتربة وجسم الحائط فى حالة الحوائط السـاندة لاتربة

٨ — وزن الماء فوق بروز الأساس فى حالة القناطر وما اليها

٩ — قوة الرفع أو التعويم فى حالة الخزانات والسدود والقناطر وما اليها

وقد يهمل بعض الأحمال فى الحالات التى يكون تأثيرها صغيرا بحيث لا يغير تصميم الأساس أو اذا كان اهماله فى جانب الأمن مثلا ضغط الرياح فى المبانى القليلة الارتفـــاع وكذا ثقل الأساسات اما فى العمارات ذات الارتفاعات الكبيرة فيجب ادخال ضغط الرياح ضمن الحساب اذ انه عامل مهم ويؤثر على محصلة القوى بدفعها نحو حافة الأساس وبذلك يزيد الضغط عند هذه الحافة عن نظيره عند الحافة الاخرى من الاساس ويكون نتيجة ذلك هبوطا غير منتظم

وفى حالة أساسات بغال الكبارى تهمل قوة التعويم حيث أن اهمالهـا مما يزيد الضغط على التربة

وكل الأحمال السابق ذكرها من السهل حسابها ما عدا الحمل الحى

أما الضغط المسموح على تربة الاساس فيمكن الوصول الى معرفته من نتائج تجارب التحميل

أما الحمل الحى فيفرض فرضا على وحدة السطوح ويعتبر كأنه مؤثر على جميع المسطح بانتظام وبما أنه من النادر جدا أن يكون الحمل الحى المفروض مؤثرا على جميع المسطح بل الواقع أن بعض أجزاء من المسطح تكون متأثرة بالحمل الحى المفروض بكامل مقداره كما أن أجزاءً أخرى تكون متأثرة بحمل أقل منه وبعض أجزاء قد تكون خالية من الحمل الحى

فيجب عند إضافة الحمل الحى مراعاة حالة البناء وحالة الحمل الحى الواقع عليه ثم تحويل الحمل المفروض الى ما يناسب حالة البناء وحالة تحميله بالحمل الحى وبما أن الحمل الحى المفروض يكون دائما فى جانب الأمن فأن تحويل الحمل الحى المفروض يكون دائما بتنقيص مقداره بنسب مختلفة على الكمرات والأعمدة التى تنقل الاحمال الى الاساسات

وأكثر الفروض شيوعا فى حالة العمارات التى تتكون من أكثر من خمسة أدوار هو أن يستعمل الحمل الحى المفروض بكامل مقداره فى حساب الاعمدة الحاملة لسقف العمارة وللاعمدة الحاملة للطابق الأعلا ثم يصير انقاص ٥ ٪ من مقدار الحمل الحى المفروض فى حساب الاعمدة التى تحمل الطابق الذى يلى الطابق الاعلا ثم ٥ ٪ أخرى من الحمل الحى المفروض على الأعمدة الحاملة للطابق الذى يلى هذا الطابق وهكذا حتى يصير الحمل الحى ٥٠ ٪ من الحمل الحى المفروض فلا ينقص منه شىء ويوجد فرض آخر عام وهو أن يستعمل فى حساب الاعمدة الحاملة للسقف الحمل الحى المفروض بكامل مقداره وللاعمدة الحاملة للطابق الاعلا ٨٥ ٪ من مقدار الحمل الحى المفروض ثم يصير تنقيص ٥ ٪ لكل طابق يلى ذلك حتى يصل الحمل الى ٥٠ ٪ من الحمل المفروض فلا ينقص منه شىء ويهمل ثقل الطوابق نفسها حيث أنه صغير اذا قيس بباقى الاحمال ويبلغ حوالى ١٢٠ كجم/م ٢

وعند استعمال هذا الفرض لتصميم الاساس يصير استعمال ٦٧٫٥ ٪ من مجموع الحمل الحى المفروض وهذا باعتبار أن الحمل الحى المفروض لجميع الطوابق ثابت فى المقدار ويستعمل الحمل الحى المفروض دون ادخال أى تنقيص على مقداره اذا كان أكثر من ٥٨٠ كيلو جرام / م ٢ وكان مؤثرا بصفة مستديمة كما هو الحال فى المحلات التجارية والمطابع والمصانع

ويزاد ٢٥ ٪ على الاقل من مقدار الجهود الناشئة على الاعمدة من تأثير الحمل الحى فى العمارات التى تحمل آلات كالمصانع والمطابع وذلك نظير الجهود المسببة عن الاهتزازات والصدمات ولو أن ذلك مبالغ فيه

والحمل الحى المستعمل للطابق الأسفل بعد تنقيصه تبعا للفروض السابقة هو ما يجب ادخاله فى حساب اقصى الجهود المؤثرة فى الأساسات

فلتصميم اساسات الاعمدة الداخلية يجب اضافة مقدار الحمل الحى بعد تنقيصه Reduction تبعا لأحد الفرضين السابقين الى مقدار الحمل الدائم وقسمة حاصل الجمع على اقصى ضغط مسموح على التربة Max. Allowable Bearing Load وذلك للحصول على مسطح الاساس

وبعد الحصول على هذا المسطح يصير قسمة الحمل الدائم مضافا اليه ٥٠ ٪ من الحمل الحى الذى استعمل فى استخراج مسطح الاساس على المسطح الذى صار الحصول عليه وبذلك يصـــير الحصول على مقادير ضغوط تحت أساسات الاعمدة الداخلية خلاف الضغوط المفـــروضة التى استعملت فى الحصول على ابعاد الاساسات

ولتصميم اساسات الاعمدة الخارجية يصير قسمة مجموع الحمل الدائم المؤثر على العامود الخارجى مضافا اليه ٥٠ ٪ من الحمل الحى المستعمل للاعمدة الحاملة للطابق الاسفل على مقدار الضغوط التى حسبت تحت اساسات الاعمـــدة الداخلية وذلك للحصول على مسطح الاساس للعامود الخارجى ولكن عند حساب الضغوط تحت الاساس للعامود الخارجى يصير قسمة مجموع الحمل الحى المستعمل للعامود الحامل للطابق الاسفل بكامل مقداره مضافا اليه الحمل الدائم على مسطح الاساس الخارجى المحسوب — وبهذه الطريقة يمكن الحصول على اساسات متناسبة فى مسطحاتها مع ما عليها من الاحمال وتكون الضغوط المؤثرة على التربة تحت الاساسات متساوية ومنتظمة تقريبا ويكون الهبوط متساويا ومنتظما بقدر المستطاع

مثال تطبيق

صمم اساسات الاعمدة لعمارة مكونة من ثلاثة ادوار فوق الارض ودور تحت الارض (بدرون) اذا كانت الاحمال الحية على الطوابق ٩٥٠ كجم/م٢ وثقل الطابق ١٢٠ كجم / م ٢ اذا كان المسطح المحمول باربعـــة اعمدة (Panel) ٦ م × ٦ م واقصى ضغط مسموح على التربة ١٩٠٠٠ كجم/م ٢ Maximum Allowable Soil pressure واهمل ثقل الاساس نفسه وبفرض أن

الاحمال للاعمدة الداخلية — الحمل الدائم = ٨٦٠٠٠ ك ج

الحمل الحى = ٩٠٠٠٠ ك ج

مجموع (الحمل الدائم + الحمل الحى) = ١٧٦٠٠٠ ك ج

مجموع الحمل الدائم + ٠,٥٠ الحمل الحى = ١٣١٠٠٠ ك ج

الاعمدة الخارجية — الحمل الدائم = ٦٣٨٠٠ ك ج

الحمل الحى = ٤٧٢٠٠ ك ج

مجموع (الحمل الدائم + الحمل الحى) = ١١١٠٠٠ ك ج

مجموع (الحمل الدائم + ٠,٥٠ الحمل الحى) = ٨٧٤٠٠

الحل — مسطح الاساس لعامود داخلى

$\frac{١٧٦٠٠٠}{١٩٠٠٠}$ = ٩,٢٦٣ م٢ أى مربع ابعاده ٣,١ × ٣,١ م تقريبا

ومسطحه ٩,٦١ م٢

الضغط على التربة = $\frac{١٣١٠٠٠}{٩,٦١}$ = ١٣٦٣٢ ك ج/م٢

مسطح الاساس الخارجى = $\frac{٨٧٤٠٠}{١٣٦٣٢}$ = ٦,٤ م٢

أى مربع ابعاده ٢,٥٥ × ٢,٥٥ م٢ ومسطحه ٦,٥٠ م٢

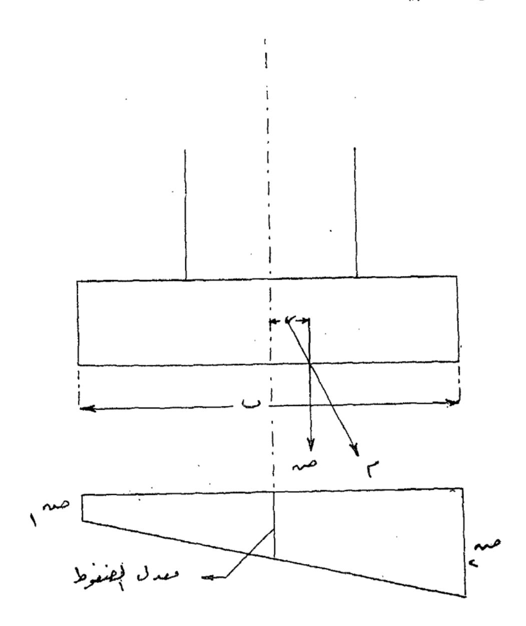
ولحساب الجهود تحت الأساس يقسم مجموع كل الحمل الحى مضافا اليه الحمل الدائم على مسطح الاساس

أى $\frac{١١١٠٠٠}{٦,٥٠}$ = ١٧١٥٠ ك ج/م٢

بعد الانحراف فى الاساسات المنتشرة Eccentricity

عند تصميم الاساسات يجب مراعاة أن يكون نقطة تأثير محصلة القوى على الأساس متحدة مع منتصف الأساس ولكن هذا متعذر فى بعض الحالات نظرا للقوى الجانبية Lateral Forces المؤثرة على المنشآت مثل ضغط الاتربة والمياه والرياح لانها تسبب انحراف محصلة القوى عن منتصف الأساس والبعد الواقع بين نقطة تأثير محصلة القوى ومنتصف الاساس يسمى بعد الانحراف ولهذا البعد اهمية كبيرة فى توزيع الضغوط

تحت الاساس فتكون مقاديرها أكبر عند حافة الاساس الاقرب لنقطة تأثير المحصلة وتصغر تدريجياً حتى حافة الاساس الابعد عن نقطة التأثير فيكون الضغط عندها أقل ضغط تحت الاساس وفى هذه الحالة يكون معدل الضغوط Mean Pressure هو الضغط الموجود تحت منتصف الاساس كالشكل ١٤٩ المبين



شكل ١٤٩

فاذا وقعت نقطة التأثير عند حدود الثلث المتوسط Middle Third من عرض الاساس وفى هذه الحالة يكون بعد الانحراف $ر = \frac{ب}{٦}$ اذا كان ب رمز لعرض الاساس

ويمكن الحصول على مقدار الضغطين المؤثرين عند حافتى الاساس من قانون الانحراف الآتى

$$\text{ص}_1 = \frac{\text{ص}}{\text{ب}}\left(1 - \frac{6\,\text{ر}}{\text{ب}}\right)$$

$$\text{ص}_2 = \frac{\text{ص}}{\text{ب}}\left(1 + \frac{6\,\text{ر}}{\text{ب}}\right)$$

وفيها ص = المركبة الرأسية لمحصلة القوى الواقعة على الاساس

ففى الحالة السابقة التى فيها $\text{ر} = \frac{\text{ب}}{6}$

$$\text{يكون ص}_1 = \frac{\text{ص}}{\text{ب}}\left(1 - \frac{6 \times \frac{\text{ب}}{6}}{\text{ب}}\right) = \text{صفرا}$$

$$\text{ويكون ص}_2 = \frac{\text{ص}}{\text{ب}}\left(1 + \frac{6 \times \frac{\text{ب}}{6}}{\text{ب}}\right) = \frac{2\,\text{ص}}{\text{ب}}$$

اى ان جهد الضغط الاكبر يساوى ضعف جهـــد معدل الضغوط.
وعند ما تكون نقطة تأثير المحصلة فى منتصف الاساس تكون ر = صفر

$$\text{ويكون ص}_1 = \frac{\text{ص}}{\text{ب}}\left(1 - \text{صفر}\right) = \frac{\text{ص}}{\text{ب}}$$

$$\text{، ص}_2 = \frac{\text{ص}}{\text{ب}}\left(1 + \text{صفر}\right) = \frac{\text{ص}}{\text{ب}}$$

اى ان الضغط يكون موزعا بانتظام

وفى حالة ما تكون المحصلة مؤثرة عند حافة الاساس

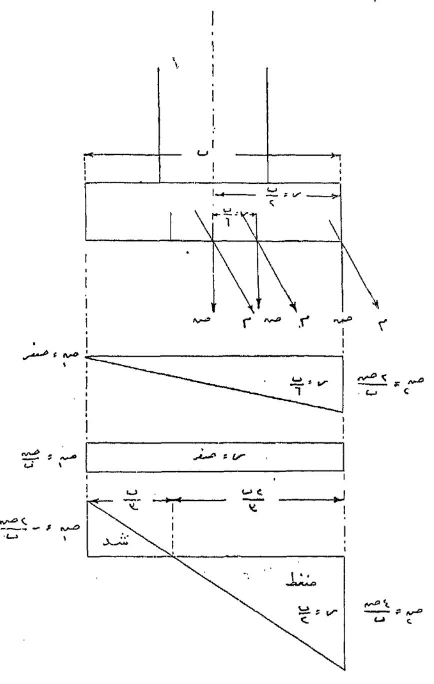
تكون $\text{ر} = \frac{\text{ب}}{2}$

$$\text{ويكون ص}_1 = \frac{\text{ص}}{\text{ب}}\left(1 - \frac{6 \times \frac{\text{ب}}{2}}{\text{ب}}\right) = \left(-\frac{2\,\text{ص}}{\text{ب}}\right)$$

$$\text{ويكون ص}_2 = \frac{\text{ص}}{\text{ب}}\left(1 + \frac{6 \times \frac{\text{ب}}{2}}{\text{ب}}\right) = 4\,\frac{\text{ص}}{\text{ب}}$$

أى ان جهد الضغط الاكبر = ٤ مرات جهد معدل الضغوط وفى هذه الحالة

تكون حافة الاساس الآخرى متأثرة بشد جهده يساوى ضعف جهد معدل الضغوط وعندما تكون علامة الجهد بالناقص تكون حافة الاساس متأثرة بشد ويكون الرسم البيانى للجهود كالمبين بالشكل ١٥٠



شكل ١٥٠

وفى هذه الحالة يكون جزء مقداره $\frac{ب}{٣}$ متأثرا بالشد والجزء الباقى ومقداره $\frac{٢ب}{٣}$ متأثرا بالضغط

وذلك لان $ص_٢ = ٢ص_١$ فى المقدار

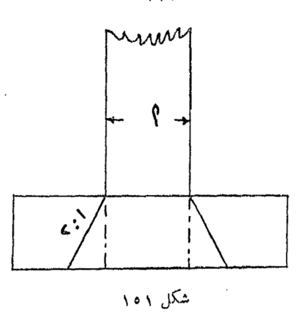
ويجب ملاحظة أن لا يسمح بأى شد فى الاساس اذا كان من الخرسانة العادية خصوصا فى المنشآت التى فى الماء كالخزانات وحوائط القناطر وما اليها وأى شد مهما كان مقداره فى الجزء المتأثر بالشد معناه حدوث شروخ فى هذا الجزء وعدم الاعتماد عليه فى توزيع الضغوط وبذلك يزيد جهد الضغط عند حافة الاساس المتأثرة بالضغط

واذا حدث مثل هذا الشرخ فى جسم خزان أو سد فأن المياه تدخل فيه ويتسبب عن ذلك تعويم جسم الخزان فى هذا الجزء فينشأ عن ذلك زيادة فى مقدار بعد الانحراف ويزيد بذلك جهد الشد عند احدى الحافتين وجهد الضغط عند الحافة الاخرى حتى يتسبب عن ذلك اما انقلاب (Overturning) الخزان أو تفتت (Crushing) مادة الاساس نفسه لعدم تحملها للضغط الواقع عليها

الاساسات الخرسانية العادية للجدران

اذا كان البناء محمولا على جدران أو حوائط بدلا من أعمدة فاذا كانت التربة من نوع جيد وقوة تحملها كبيرة فان بروز الاساس عن واجهتى الحائط يكون صغيرا وفى هذه الحالة يمكن عمل الاساس من الخرسانة العادية

أما فى الحوائط المحملة باحمال ثقيلة والتى يصل فيها بروز الاساس الى اكثر من نصف سمكه فيلزم تسليح الاساس اما بأسياخ أو قضبان لضمان تسخير الاساس بكامل عرضه فى توزيع الاحمال على التربة لانه اذا زاد بروز الاساس عن نصف سمكه بسبب ضعف التربة ولم يسلح الاساس فان الجزء الذى يمكن الاعتماد عليه فى توزيع الاحمال على التربة هو الجزء من عرض الاساس المحصور بين الخطين اللذين ميلهما ١ الى ٢ من حافتى قاعدة الحائط (ا) وعليه فهذا الجزء الذى يقع عليه تأثير الحمل يهبط اكثر من باقى الاساس وينشأ عن ذلك حدوث شروخ عند حافتى هذا الجزء والشكل ١٥١ يبين ذلك

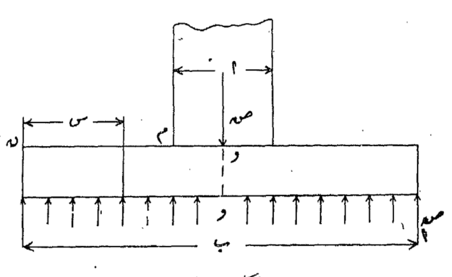


شكل ١٥١

الاساسات الخرسانية المسلحة للجدران

اذا كان بروز الاساس اكبر من نصف سمكه عند تصميمه ورؤى ضرورة تسليح الاساس فلضمان سلامة الاساس يحسب لمقاومة عزم الانثناء

ولذلك نفرض قطاعا فى الاساس على بعد س من حافة الاساس كما هو بالشكل ١٥٢



شكل ١٥٢

فان عزم الانثناء (Bending Moment) عند هذا القطاع

ع = ½ صه١ × س٢ اذا كان

صه١ = جهد رد الفعل المنتظم على المتر الطولى من الاساس اذا كان الاساس ذا عرض ما وليكن

ب = عرض الاساس بالمتر

ا = سمك الحائط بالمتر

فان عزم الانثناء عند واجهة الحائط يكون

$$\text{ع} = \text{ص}_{1} \left(\frac{\text{ب} - \text{ا}}{٢} \right) \times \frac{1}{٢} \times \left(\frac{\text{ب} - \text{ا}}{٢} \right) = \frac{\text{ص}_{1}}{٨} (\text{ب} - \text{ا})^{٢}$$

وعزم الانثناء عند القطاع ووالذى فى وسط الاساس يكون

$$\text{ع} = \text{ص}_{1} \times \text{م ه} \times \text{ه و} \times \frac{1}{٢}$$

$$\text{ولكن م ه} = \frac{\text{ب} - \text{ا}}{٢} \text{ ، ه و} = \frac{\text{ب}}{٢}$$

$$\therefore \text{ع} = \text{ص}_{1} \times \frac{\text{ب} - \text{ا}}{٢} \times \frac{1}{٢} \times \frac{\text{ب}}{٢} = \frac{\text{ص}_{1}}{٨} (\text{ب}^{٢} - \text{ا ب})$$

وهو اكبر عزم انثناء

وبما ان عزم المقاومة Moment of Resist عند القطاع وو يكون اكبر منه عند اى قطاع واقع في البروز (م ه) وذلك بسبب ثقل الحائط فوق القطاع وو

فان القطاع الخطر Critical Section يكون هو القطاع الواقع عند واجهة الحائط ويمر بالنقطة م

وقد ايدت التجارب ذلك كما انها دلت على ان اعظم جهود للشد Max. Tensile Stresses تقع عند واجهة الحائط تكون اصغر قليلا من الجهود المحسوبة

ويجب عند تصميم اساسات منتشرة من الخرسانة المسلحة لحائط اختبار الاساس لمقاومة جهدى التماسك وللشد القطرى Bond & Diagonal Stresses

فلحساب اقصى جهد تماسك على اسياخ التسليح قد توصل تالبوت الخبير الامريكانى وذلك نتيجة لتجاربه العديدة لاثبات ان مجموع القص الخارجى Total External Shear عند واجهة الحائط هو المسبب لجهود التماسك وعلى ذلك يجب ادخاله ضمن القوانن الخاصة بحساب جهود التماسك

وعند حساب القص المسبب للشد القطرى يجب أخذ مقدار القص عند قطاع يبعد عن سطح الحائط بمسافة تساوى السمك العامل للاساس (Effective Depth) وهو السمك من أعلا الاساس الى محور أسياخ التسليح

وعلى ذلك فالشد القطرى (Diagonal Tension) يعتبر كعامل مهم جدا فى حساب الاساسات المدرجة (Stepped Footings) أو المائلة حيث أن سمك الاساس عند الموقع الذى يحسب عليه الشد القطرى يكون أقل من سمك الاساس تحت الحائط نظرا لتدرجه أو ميله نحو حافة الاساس فيحسن مراعاة ذلك عند تصميم أسماك درجات الاساس وكلما كانت أسماك الدرجات اكبر كلما قل التسليح اللازم لمقاومة الشد القطرى

الاساسات الخرسانية للاعمدة

تنقسم أساسات الاعمدة الى أربعة اقسام

١ ـ الاساسات المفردة (Single or Isolated) وهى التى تحمل عامودا واحدا

٢ ـ الاساسات المشتركة (Combined Footings) وهى التى تحمل عامودين أو أكثر

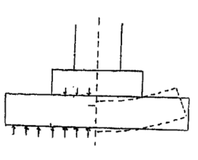
٣ ـ الاساسات المتصلة (Cantilever Footings) عادة تحمل عامودين أحدهما خارجى والآخر داخلى

٤ ـ الاساسات المستمرة (Continuous) وهى التى تحمل صفا من الاعمدة أو جميع أعمدة البناء على شكل أساسات مشتركة وتكون على صفوف متعامدة أو على شكل فرش (Raft) فوق كل مسطح البناء

١ ـ الاساسات المفردة ـ فى حالة تصميم الاساسات لاعمدة من الخرسانة العادية يجب مراعاة أن يكون سمك البروز كبيرا لدرجة يكون معها جهد الشد تحت أقصى حالات التحميل أقل من المسموح ومن المستحسن جعل ابعاد الاساس بحيث لايحدث أى شد فى الخرسانة وكذا اذا استعملت مواد بنائية أخرى كالطوب والاحجار

أما فى حالة ماتستعمل الخرسانة المسلحة فتنقل الاحمال الى التربة تحت

مسطح الاساس كله بسبب انثناء بروز الاساس ومعه أسياخ التسليح الى أعلا بتأثير مقاومة التربة للاحمال الواقعـــة على العامود كما هو مبين بالشكل ١٥٣



شكل ١٥٣

وعلى ذلك يعتبر أن حديد التسليح يقوم بمقاومة كل الشـــد ولذا فمهما طال بروز الاساس فى الخرسانة المسلحة فأنه يكون عاملا فى نقـــل الاحمال الى التربة التى تحته مادام التسليح كافيا وسمك الاساس يفى بمقاومة الجهود الناشئة عن تحميل الاساس

أما فى الخرسانة العادية فأن العرض المحصور بين خطين مائلين على زاوية ٦٠° مع الافق ومبتدئين من قاعدة العامود عند السطح الاعلا للاساس هو العرض العامل والذى يمكن الاعتماد عليه فى نقل الاحمال الى التربة وعلى ذلك فأبسط الاشكال لاساس من الخرسانة العادية هو شكل هرم ناقص أو مخروط ناقص ولكن نظرا لصعوبة انشاء أساس بهذا الشكل فتستعمل الاساسات المدرجة ويراعى أن تكون جميع الدرجات خارج حدود الزاوية ٦٠° مع الافق

ولتصميم أساس من هـذا النوع يحسب أولا مسطح الاساس ثم يخصم نصف قاعدة العامود من نصف عرض الاساس وتقسم النتيجة على ظا ٣٠° فيكون الناتج هو سمك الاساس ثم تعمل الدرجات خارج الخط المـائل من حافة الاساس الى حافة قاعدة العامود فاذا اتبعت هذه الطريقة فانه يضمن عدم تجاوز جهد الامن للثقب فى الاساس (Safe Punching Stress) والذى مقداره ٨ كجم/سم²

ويحسن أن لا يقل سمك كل درجة عن ٣٠ سم

فاذا كانت الاساسات ستبنى على صخور صماء أو على أى نوع من التربة التى قوة تحملها كبيرة ففى هذه الحالة يكون مسطح الاساس صغيرا وكذا بروزه ويمكن استعمال خرسانه عادية

كما انه اذا اضطر المهندس للحفر لاعماق كبيرة لوضع أساساته فيحسن

عملها من خرسانه عادية ان سمحت قوة تحمل التربة بذلك لأن من الاغراض الاساسية فى استعمال الخرسانة المسلحة للاساسات الاقتصاد فى الحفر

نتائج تجارب تالبوت الخبير الامريكاني

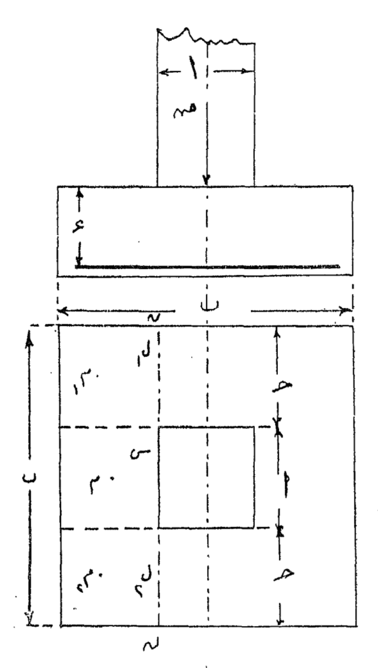
ولما كانت النتائج التى وصل اليها تالبوت نتيجة لاختباراته وتجاربه فى هذا الصدد ذات أهمية عظمى اذ انها تشتمل على جملة بيانات ومعلومات قيمة عن مواضع الضعف فى الاساسات وكيفية تلافى ذلك فى التصميم فسنلخصها فيما يلى

أولا ـ اذا كان الاساس لعامود مربع الشكل فأنه تحت تأثير الحمل يتخذ الاساس شكل طاس (Bowl) ش ١٥٣ واذا فرضنا طابقا متأثرا بالانثناء فى اتجاهين فالجهود التى على احدى الالياف (Fiber) لا تختلف فى مقدارها عن الجهود التى على الالياف المجاورة والتى على منسوب واحد معها دون حدوث قص طولى وبما ان هذا دليل على وجود مقاومة كبيرة لاختلاف مقادير الجهود فى الالياف التى فى مستوى أفقى واحد ومتجاورة فيعتبر فى الطوابق الكبيرة السمك كأساسات الاعمـــدة ذات الابعاد العادية والتى فيها سمك الاساس كبير اذا قورن بمسافة البروز أن الانثناء والجهود توزع على عرض القطاع وتكون الجهود حتى على الالياف المتطرفة كبيرة

ثانيا ـ فى حالة تصميم الاساس ببروز ذى ابعاد عادية فأن القطاع الخطر لعزم الانثناء فى اتجاه ما (والذى يقاوم بأسياخ مجموعة واحدة فى حالة التسليح فى اتجاهين) هو قطاع رأسى واقع عند واجهة العامود

ولحساب عزم الانثناء يحسب كل الحمل الناشىء عن رد الفعل والمؤثر الى أعلا على المستطيل (سه) الواقع بين واجهة العامود وحافة الاساس مؤثرا فى نقطته تأثير Point of Application (م) واقعة فى منتصف المسافة من واجهة العامود الى حافة الاساس وان نصف الحمل المؤثر الى أعلا على المـــربعين $ل_١$ ، $ل_٢$ الواقعين فى زاويتى الأساس يعتبر مؤثرا فى نقطتين $م_١$ ، $م_٢$ واقعتين

على بعد ســـتة اعشار طول بروز الأساس من واجهة العامود والشكل ١٥٤ يبين ذلك



شكل ١٥٤

وبالمعـادلة بين عزم الانثناء الناشيء من تأثير رد الفعل وبين عزم المقاومة عند هذا القطاع الخطر يمكن حساب أقصى جهد للشد على الخرسـانة وعلى أسياخ التسليح

فاذا فرضنا أن ا = بعد العامود المربع

حـ = بعد البروز عن واجهة العامود

$ص_1$ = وحدة ضغط التربة

وبما أن القطاع الخطر هو ءء

فلنفرض أنه صار تقسيم ءء الى ثلاثة اجزاء أحدها الجزء الواقع عليه المستطيل (س) ومسطحه = ا حـ ثم الجزئين الواقع عليهما المربعين $ل_1$ ، $ل_2$ ومسطح كل منهما = $حـ^2$

أما الحمل الواقع على المستطيل س فيعتبر مؤثرا فى منتصف البروز

واما الحمل الواقع على الربعين $ل_1$ ، $ل_2$ فيعتبر نصفه مؤثرا على مسافة من واجهة العامود (القطاع الخطر) مقدارها ($\frac{1}{6}$ حـ) وعليه فعزم الانثناء عند (القطاع الخطر) هو

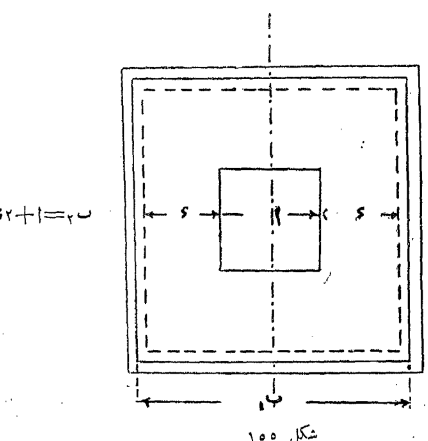
$$ع = ص_1 (ا حـ) \frac{حـ}{2} + 2 \times \frac{ص_1}{2} \times حـ^2 \times 0{,}6 حـ$$

$$= ص_1 (\frac{ا حـ^2}{2} + 0{,}6 حـ^3)$$

ثالثا — عند ما استعمل خرسانة عادية وعرضها للانثناء كانت نتائج التجارب التى عملت على أساسات غير مسلحة مختلفة اختلافات كبيرة بحيث لم يمكن مع تباينها الوصول الى معرفة العرض العامل Effective Width فى المقاومة ولا الوصول لقانون يحسب منه عزم المقاومة

رابعا — فى الاساسات المسلحة للاعمدة وجد أن توزيع الجهود على الاسياخ المتجاورة توزيعا غير منتظم يقاوم بالتماسك والقص الطولى فى الخرسانة ومقدار الاختلافات فى الجهود الواقعة على الاسياخ يتأثر بالمسافات التى بين الاسياخ وبعضها كما يتأثر أيضا بابعاد الأساس نفسه فى الاساسات المسلحة فى اتجاهين وعند ما تكون أسياخ التسليح موضوعة على مسافات متساوية وجد أن جهد الشد متساو تقريبا فى الاسياخ التى فى حدود بعد من واجهة العامود أكبر بقليل من بعد العامود وأنه يوجد أيضا جهود كبيرة فى الاسياخ القريبة من حافة الاساس أما فى المسافة التى تتخلل هاتين المسافتين فأن الجهود على الأسياخ تكون أقل

ولحساب أقصى جهــد للشد على أسياخ التسليح فى أساس مسلح فى اتجاهين وأسياخ التسليح فيه موضوعة على مسافات منتظمة يستعمل فى تقدير عزم المقاومة عند قطاع واقع على واجهة العامود مسطح أسياخ التسليح التى فى بعد من الأساس مقداره مساو لبعد العامود مضافا اليه ضعف سمك الاساس (ى) مضافا اليهما نصف المسافة الباقية الى حافة الأساس فى كلا الجانبين أى فى البعد (ب١) المبين بالشكل ١٥٥ ووجد أن هذه الطريقة تتفق مع نتائج التجارب



شكل ١٥٥

فاذا عملت المسافات بين أسياخ التسليح التى تحت قاعدة العامود اقرب وحتى لو ركزت كل اسياخ التسليح تحت قاعدة العامود فيمكن استعمال نفس الطريقة فى الحساب دون ان تكون نسبة الخطأ فى النتائج كبيرة

ويحسن وضع أسياخ تسليح كافية فى اطراف الاساس حتى لا يتـأثر الخــــرسان بالشد فيتشقق وللمساعدة أيضا فى توزيع الاحمال

ولحساب عزم المقاومة على عامود مربع ابعاده (١×١) وأساسه ب×ب

فأن المسطح ب١ × ب١ الذى يحسب عليه عزم المقاومة يمكن ايجاده كما يلى ب١ = ١ + ٢ ى + ½ (ب — ١ — ٢ ى)

وبما أن عزم الانثناء عند القطاع الخطر وجد انه كما يأتى

ع = ص١ (½ ١ حـ٢ + ٦ ر. حـ٣) لكل اتجاه

ولكن أيضا ع = شص × م × ث ى

اذا كان شص = جهد الشد فى الصلب المستعمل للتسليح

م = مسطح قطاعات الاسياخ فى اتجاه واحد

ى = سمك الأساس العامل

ث = ثابت مقداره (٨٧٥ ر)

فمن المعادلتين السابقتين يمكن الوصول الى معرفة (م) مسطح قطاعات اسياخ التسليح

وبما أنه من من نتيجة التجارب وجد أن الاسياخ التى فى البعد

ب١ = ١ + ٢ ى + ½ (ب — ١ — ٢ ى)

هى التى تكون عاملة فى مقاومة الشد ومتأثرة بأكبر الجهود فيصير توزيع الاسياخ فى المسافة ب١ ومن ذلك يمكن الوصول الى معرفة المسافات التى توضع الأسياخ عليها من بعضها

خامسا — الطريقة التى اقترحت لحساب اقصى جهد للتماسك فى اساسات الاعمدة المسلحة فى اتجاهين اذا كانت اسياخ التسليح فيها موضوعة على ابعاد متساوية من بعضها وفى العرض السابق بيانه هى استعمال القوانين العادية للتماسك مع اعتبار محيط جميع الاسياخ التى استعملت فى حساب جهد الشد أما للقص الخارجى فيستعمل رد الفعل او الحمل الذى استعمل فى حساب عزم الانثناء عند القطاع الخطر

وقد وصلت به تجاربه الى ان المقاومة بالتماسك هى من اهم العوامل فى اظهار قوة الاساس وخصوصا فى الاساسات ذات الابعاد العادية والتى يستعمل فى تسليحها اسياخ ذات اقطار كبيرة تكون مقاومة التماسك

هامة جدا

وقد يحدث شروخ طولية تحت أسياخ التسليح فى احد الاتجاهين بسبب الاستطالة فى الاتجاه الآخر وهذا يقلل المقاومة بالتماسك

ولذلك يجب عند اختبار التصميم بمقاومة التماسك اعتبار جهد تماسك صغير ويحسن استعمال وقاية من الخرسانة تحت اسياخ التسليح مقدارها من ٢ بوصة الى ٣ بوصة

ويستحب ايضا استعمال اسياخ صغيرة الاقطار وهذا يدعو لزيادة عدد الاسياخ ووضعها على مسافات اقرب من بعضها ولكنه يزيد طول محيط الصلب ويمكن استعمال الاسياخ التى من قطر $\frac{٣}{٤}$ بوصة فأقل ووجد ان ثنى الاسياخ عند أطرافها الى أعلا ثم الى الخلف وكذا ثنيها على شكل اشنوطة Loop مما يزيد قوة التماسك

وجهود التماسك تحسب من القص الواقع على قطاع عند واجهة العامود ويساوى الحمل الذى استعمل فى حساب عـــزم الانثناء

وحمل القص هذا

$$\text{ع} = \text{ص}_{١} \times \text{ح}^{٢} + \text{ص}_{١} \times \text{ا}\,\text{ح} = \text{ص}_{١} (\text{ح}^{٢} + \text{ا}\,\text{ح})$$

ولكن $\text{ح} = \frac{\text{ب} - \text{ا}}{٢}$

$$\therefore \text{ع} = \text{ص}_{١} \left[\left(\frac{\text{ب} - \text{ا}}{٢}\right)^{٢} + \text{ا} \left(\frac{\text{ب} - \text{ا}}{٢}\right) \right]$$

$$= \text{ص}_{١} \left[\left(\frac{\text{ب}^{٢} - ٢\text{اب} + \text{ا}^{٢}}{٤}\right) + \left(\frac{\text{اب} - \text{ا}^{٢}}{٢}\right) \right]$$

$$= \text{ص}_{١} \left[\left(\frac{\text{ب}^{٢}}{٤} - \frac{\text{ا}^{٢}}{٤}\right) \right]$$

وبما أن معادلة التماسك

$$\text{جت} = \frac{\text{قص}}{\Sigma\text{ط} \times \text{ثى}}$$ والتى فيها

جت = جهد التماسك

Σط = مجموع محيطات اسياخ التسليح

ثى = المسافة من نقطة تأثير محصلة الضغوط الى محور أسياخ التسليح

وتعتبر ٨٧٥ ر. ى

سادسا ـ ولتصميم أساس لعامود قطاعه مربع من قانون مقاومة الشد القطرى يستعمل فى الحساب مقدار القص الواقع خارج مربع كل بعد من ابعاده يساوى بعد العامود + ضعف سمك الاساس وهذا المربع يبعد كل ضلع من أضلاعه بمقدار سمك الاساس عن واجهة العامود شكل ١٥٥

والقانون الذى استخرج هو

$$ع_١ = \frac{ع}{ل \times ثى}$$

والذى فيه ع = مجموع القص الحادث عند القطاع الذى على بعد ى من كل واجهة من واجهات العامود ويعتبر أنه يساوى الضغط الحادث من رد الفعل على الجزء من مسطح الاساس خارج المربع السابق الاشارة اليه فاذا كان

ل = المحيط الذى يشمل أربعة أضلاع هذا المربع

ث ى = المسافة من محور أسياخ التسليح الى نقطة تأثير محصلة الضغوط

فاذا كانت قاعدة العامود مربعة وكذا الاساس فأن المحيط الذى يحسب عليه القص هو $ل = ٤ ب_٢$ انظر شكل ١٥٥

$ب_٢ = ا + ٢ ى$

$\therefore ل = ٤ (ا + ٢ ى)$

والمسطح الذى يقع عليه مجموع القص ع هو المسطح الواقع بين المربع الجزء وحافة الاساس ومقداره

$(ب^٢ - ب_٢^٢)$

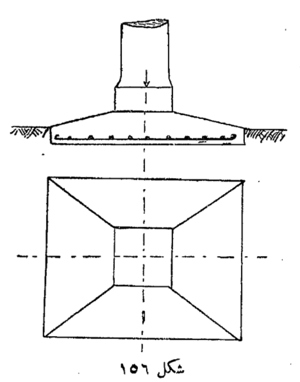
من ذلك يكون $ع = \frac{ص}{ب^٢} (ب^٢ - ب_٢^٢)$

ث = ٨٧٥ ر

ى = البعد من سطح الاساس لغاية محور أسياخ التسليح

$$\therefore ع_{1} = \left[\frac{ص}{ب^{2}} \left(ب^{2} - (ا + ٢ى)^{2} \right) \right] \div \left[٤ (ا + ٢ى) ث ى \right]$$

أما القص الذى يتسبب عنه ثقب الاساس والذى يرمز له بالرمز قث فيمكن حسابه على القطاعات الراسية التى تحددها اضلاع قاعدة العامود ولو أنه يحتمل ان الثقب قد لا يحـــدث فى هذا الموضع بالتحديد ولتقليل سمك الأساس يلجأ الى تكبير قاعدة العامود فوق الأساس حتى يكون الحمل المنقول من العامود الى سطح الاساس موزعا على مسطح أكبر فتكون الجهود الناشئة عنه أقل و هذا يساعد على المقاومة للثقب الشكل ١٥٦ يبين ذلك



شكل ١٥٦

فلتلافى ثقب العامود للاساس يجب أن لا يزيد قث على القص المسموح وأن يحسب على مسطح طوله مساو لمحيط قاعدة العـامود وسمكه هو ى سمك الاساس لغاية محور التسليح أى على مسطح مقداره (٤ اى)

$$والحمل\ قث = \left[الحمـــل\ الواقع\ فوق\ العامود \left(\frac{ب^{2} - ا^{2}}{ب^{2}} \right) \right]$$

$$قث = \frac{ص}{ب^{٢}} (ب^{٢} - ا^{٢})$$

وواضح انه كلما زاد مسطح قاعدة العامود ا ٢ كلما قل مقدار قث

ولا يجاد أصغر سمك للاساس لايحدث معه الثقب يقسم قث على محيط قاعدة العامود مضروبا فى وحدة القص المسموح ومنه

$$ء = \frac{قث}{٤ ا \times قثَ}$$

قثَ = الجهد المسموح للقص

سابعاً ـ لم يلاحظ فى التجارب كسرا فى خرسانة الاساس من أثر الضغط ولكن لاحظ فى بعض التجارب أن جهود الضغط فى بعض الأعمدة كانت كبيرة جدا وفى حالات قليلة كسرت الاعمدة

كما انه لاحظ فى حالات كثيرة وجود علامات تلف بالقرب من تقاطع قاعدة العامود مع سطح الاساس فى موقع التغيير الفجائى فى اتجاه السطوح حيث تجتمع وتتزايد تأثيرات الجهود

ثامنا ـ فى الاساسات المدرجة يكون التغيير الفجائى فى طول ذراع عزم المقاومة عند نقط تغيير سمك الاساس مسببا لزيادة فجائية كبيرة فى مقدار الجهود التى فى أسياخ التسليح وعند ما يكون التغيير فى سمك الدرجة كبيرا اذا قورن بالبروز فان جهد التماسك يزيد زيادة غير عادية

ومن الواضح أن توزيع جهود التماسك فى مثل هذه الحالة يختلف عنها فى حالة مايكون الاساس ذا سمك واحد وكذلك الاساس ذو الجوانب المائلة يكون توزيع الجهود بواسطته خلافه فى الاساسات ذات الاسماك المنتظمة (Uniform Thickness)

وفى الاساسات ذات السمك المنتظم يكون أقصى جهد للتماسك عند واجهة العامود

وكلما كان ميل جوانب الاساس صغيرا مع الافق كلما كان توزيع جهود التماسك يقرب من الانتظام

مثال تطبيقى

صمم أساسا خرسانيا مسلحا لعامود مربع ابعاده ا × ا
والاحمال الواقعة عليه هى $\text{ص}_{٣}$ الحمل الدائم مع اهمال وزن الاساس نفسه
والحمل الحى المستعمل عند قاعدة العامود هو $\text{ص}_{٢}$
ومقدار مقاومة التربة هو $\text{ص}_{١}$ /م٢

<u>الحل</u> — يبدأ بايجاد ابعاد الاساس ولنفرض أن الاساس مربعا
وبعده = ب

$$\therefore \quad \text{ب}^{٢} = \frac{\text{ص}_{٣} + \text{ص}_{٢}}{\text{ص}_{١}}$$

ولسهولة الحساب نفرض ان ($\text{ص}_{٣} + \text{ص}_{٢}$) وهو مجموع الحمل الواقع على الاساس = ص

يبدأ باختبار الاساس لمقاومة الثقب

$$\text{قث} = \text{ص} \left(\frac{\text{ب}^{٢} - \text{ا}^{٢}}{\text{ب}^{٢}} \right)$$

ومنها يمكن الحصول على السمك اللازم لمقاومة الثقب

$$\text{ى} = \frac{\text{قث}}{\text{قثَ} \times ٤\,\text{ا}}$$

وهو البعد من سطح الاساس الى محور التسليح ويضاف اليه غطاء من الخرسانة كما سبق أن أسلفنا لتغطية أسياخ التسليح ثم يصير حساب سمك الاساس من قانون مقاومة الشد القطرى

$$\text{ع}_{١} = \frac{\text{ع}}{\text{ل} \times \text{ث}\,\text{ى}}$$

$$\text{ع} = \frac{\text{ص}\,(\text{ب}^{٢} - \text{ب}_{٢}^{٢})}{\text{ب}^{٢}}$$

$$\text{ل} = ٤\,\text{ب}_{٢} \quad ، \quad \text{ب}_{٢} = (\text{ا} + ٢\text{ى})$$

$$\text{ث} = ٨٧٥ \text{ر}$$

$$\text{ى} = \frac{\text{ع}}{\text{ع}_{١}\,.\,\text{ل}\,.\,\text{ث}}$$

$$= \frac{\frac{\text{ص}}{\text{ب}^{٢}}\left(\text{ب}^{٢} - (\text{ا}+٢\text{ى})^{٢}\right)}{\text{ع}_{١}\times ٤\,(\text{ا}\times ٢\text{ى})\,\text{ث}}$$

ثم تحسب اسياخ التسليح من قانون عـزم الانثناء على كل مجموعة من الاسياخ

$$\text{ع} = \text{ص}_{١}\,(\tfrac{١}{٢}\,\text{ا}\,\text{حـ}^{٢}\times ٠{,}٦\,\text{حـ}^{٣})$$

وفيها $\text{ص}_{١}$ هو مقاومة التربة

ا = بعد العامود

حـ = بروز الاساس

وبما ان $\text{ع} = \text{شص}\times \text{س}\times \text{ث}\ \text{ى}$

وفيها شص = جهد الشد المسموح فى الصلب

س = مسطح قطاعات اسياخ الصلب فى مجموعة واحدة

فمن هاتين المعادلتين يمكن الحصول على س

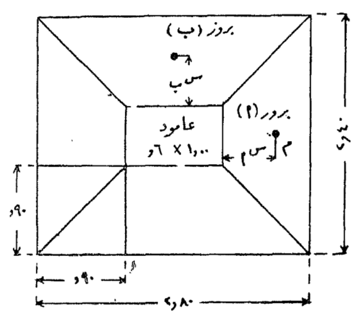
وبما أن العرض العامل من الاساس $\text{ب}' = \text{ا} + ٢\text{ى} + \tfrac{١}{٢}\,(\text{ب} - \text{ا} - ٢\text{ى})$

فيصير توزيع مسطح الاسياخ س فى هذا البعد لمعرفة المسافة بين كل سيخ والآخر مع مراعاة أن لا توضع أسياخ على مسافة أقل من ٣ سم من حافة الاساس وذلك لان التجارب دلت على ان الاسياخ التى فى البعد ب' هى التى تعمل فى مقاومة الانثناء

وبعد الحصول على عدد اسياخ التسليح يحسب جهد التماسك من القانون

$$\text{جت} = \frac{\text{قث}}{\Sigma\,\text{ط}\times \text{ث}\ \text{ى}}$$ ويجب ان لا يزيد عن المقدار المسموح

مثال تطبيق — لاساس مفرد لعامود (بقوانين مختصرة) شكل ١٥٧



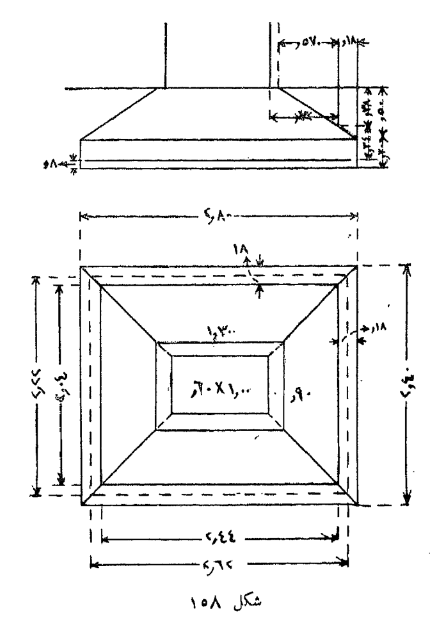
شكل ١٥٧

الفروض — الحمل على العامود	١٧٠٠٠٠ ك ج
قطاع العامود مستطيل	١٠٠ سم × ٦٠ سم
الخرسانة المستعملة	١ : ٢ : ٤
شص جهد الشد للصلب	١٠٠٠ كجم/سم٢
ضخ جهد الضغط للخرسانة	٤٠ كجم/سم٢
ثقل الاساس	١١٠٠٠ كجم
الحمل الكل	١٧٠٠٠٠ + ١١٠٠٠ = ١٨١٠٠٠ كجم
مقاومة التربة	٢٧٠٠٠ كجم/م٢

الحل - مسطح الاساس = $\frac{١٨١٠٠٠}{٢٧٠٠٠}$ = ٦,٩ م٢

نفرض ان ابعاد الاساس ٢,٤٠ × ٢,٨٠ = ٦,٧٢ م٢

نفرض ان م مركز ثقل البروز (ا) يبعد بالمسافة سم عن واجهة العامود فمركز الثقل م للبروز ا يستخرج من المعادلة الآتية (والشكل ١٥٨ يبين تصميم الاساس)



شكل ١٥٨

$$\text{س}_{\text{١}} \times \frac{\text{٢ر٤٠} + \text{٦٠ر}}{\text{٢}} \times \text{٩٠ر}$$

$$\frac{\text{٩٠ر} \times \text{٢}}{\text{٣}} \times \frac{\text{٩٠ر} \times \text{٩٠ر}}{\text{٢}} \times \text{٢} + \frac{\text{٩٠ر}}{\text{٢}}(\text{٩٠ر} \times \text{٦٠ر}) =$$

$$\frac{\text{٩٠ر} \times \left(\frac{\text{٢}}{\text{٣}} \times \text{٩٠ر} \times \text{٢}\right)\frac{\text{٩٠ر}}{\text{٢}} + \frac{\text{٩٠ر}}{\text{٢}}(\text{٩٠ر} \times \text{٦٠ر})}{(\text{٢ر٤٠} + \text{٦٠ر})\frac{\text{٩٠ر}}{\text{٢}}} = \text{س}_{\text{١}}$$

$$\frac{\text{ر٩٠} \times \text{ر٩٠} \times \tfrac{٢}{٣} \times ٢ + \text{ر٩٠} \times \text{ر٦٠}}{\text{٢ر٤٠} + \text{ر٦٠}} =$$

$$\frac{\tfrac{٢}{٣} \times {}^{٢}(\text{ر٩٠}) + (\text{ر٩٠} \times \text{ر٦٠})\tfrac{١}{٢}}{\text{ر٩٠} + \text{ر٦٠}} =$$

$$\text{٥٤ سم} = \frac{\text{ر٥٤} + \text{ر٢٧}}{\text{١ر٥٠}} =$$

؟ $س_{ب}$ مسافة مركز الثقل للبروز فى الاتجاه الآخر من واجهة العامود

$$\frac{\tfrac{٢}{٣} \times {}^{٢}(\text{ر٩٠}) + (\text{ر٩٠} \times \text{١ر٠٠})\tfrac{١}{٢}}{\text{ر٩٠} + \text{١ر٠٠}} = س_{ب}$$

$$\text{٥٢ر متر} = \frac{\text{ر٥٤} + \text{ر٤٥}}{\text{١ر٩٠}} =$$

$$\text{١٩٦٨٣٠٠٠ جم سم} = ٥٤ \times ٢٧٠٠٠ \times \text{ر٩٠} \times \frac{\text{ر٦٠} + \text{٢ر٤٠}}{٢} = ع_{ا}$$

$$\text{٢٤٠٠٨٤٠ جم سم} = ٥٢ \times ٢٧٠٠٠ \times \text{ر٩٠} \times \frac{\text{١ر٠٠} + \text{٢ر٨٠}}{٢} = ع_{ب}$$

$$\text{٧٢ر٠ متر} = \sqrt{\frac{ع_{ا}}{٦٠}}\ \text{ر٤٠} = ى_{ا}$$

$$\text{٦٢ر٠ متر} = \sqrt{\frac{ع_{ب}}{١٠٠}}\ \text{ر٤٠} = ى_{ب}$$

نعتبر ان سمك الاساس العامل هو ٧٢ر متر

وتكون اسياخ التسليح على بعد ٧٢ سم من سطح الاساس

وعلى بعد ٨ر٠٠ سم من قاعدة الاساس أى أن السمك العامل هو ٧٢ سم

والسمك الكلى للاساس ٨٠ سم

وتوضع أسياخ التسليح العرضى فوق اسياخ التسليح الطولى

التسليح فى الاتجاه الطولى

$$ر = \frac{ع\ ب}{٨٧٥\ ى} = \frac{٢٤٠٠٨٤٠}{٧٢ \times ٨٧٥} = ٣٨ \text{ سم}^{٢}$$

أى ١٠ أسياخ مبرومة قطر $\frac{٧}{٨}$″

وحيث أن مسطح البروز (ا) = ½(٠٫٦٠ + ٢٫٤٠) × ٠٫٩٠

= ١٫٥٠ × ٠٫٩٠ = ١٫٣٥ م٢

فلحساب الاساس لمقاومة الشد القطرى — يعتبر القص الواقع على المسطح الخارج عن المستطيل الذى تبعد أضلاعه عن قاعدة العامود ببعد يساوى ى سمك الاساس فى كل اتجاه من اتجاهات العامود

ع القص فى اتجاه الطول = ٠٫١٨ × ٢٫٦٢ × ٢٧٠٠٠ = ١٢٧٣٣ كجم

$$ع_{١}\ \text{جهد القص} = \frac{١٢٧٣٣}{٢٤٤ \times ٣٤ \times ٠٫٨٧٥} = ١٫٨ \text{ كجم/سم}^{٢}$$

$$\text{جت جهد التماسك} = \frac{\text{قص}_{١}}{\Sigma\ ط \times ث\ ى}$$

$$= \frac{٢٧٠٠٠ \times ٠٫٩٠ \times \frac{٠٫٦٠ + ٢٫٤٠}{٢}}{٧٢ \times ٠٫٨٧٥ \times ٦٫٩٨٥ \times ١٠} = ٨٫٣ \text{ كجم/سم}^{٢}$$

وبالمثل يصير ايجاد عدد أسـياخ التسليح فى الاتجاه العرضى واختبارها لمقاومة الشد القطرى والتماسك

أما الثقب فلا داعى لعمل اختبار له حيث أن الجهود المسببة عنه تكون عادة أصغر من المسموح

الاساسات المشتركة

اذا كانت الاعمدة الخارجية مصممة فى وضعها بحيث أن البروز الخارجى لا يمكن ان يكون متماثلا فى المقدار مع البروز الداخلى بسبب حقوق الملكية او لوائح التنظيم ففى مثل هـذه الحالة يمكن استعمال اساس مشترك لعامودين

بدلا من اساس مفرد لكل عامود

والاساس المشترك عبارة عن اساس يمتد تحت العامود الخارجى والعامود الداخلى المجاور له بحيث يكون الاساس المشترك ذا مسطح وشكل يسمحان بجعل مركز ثقل الاحمال التى على العامودين يقع فى نقطة تأثير رد الفعل وبحيث يكون مسطح الاساس كبيرا لدرجة لا يتجاوز معها الضغط على التربة مقدار قوة تحملها

ومن الاهمية بمكان كبير جعل مركز ثقل الاحمال متحدا مع نقطة تأثير رد الفعل لان فى ذلك ضمان لانتظام الهبوط

وقد يحدث عند نواصى المبانى ان يعمل اساس مشترك لاربعة اعمدة بحيث يكون هذا الاساس مصمتا او مفرغا تبعا لقوة تحمل التربة

الاساسات المتصلة

عبارة عن أساسين لعامود خارجى وآخر داخلى متصلين بكمر بينهما ويستعمل هذا النوع عند مايضطر لمفاداة التعدى على أملاك الغير

الاساسات المستمرة

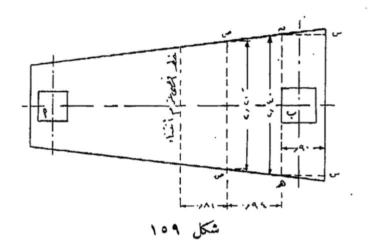
هى أساسات تحت جملة أعمدة وتكون منتظمة فى الشكل وقد تكون تحت أعمدة على صف واحد أو على صفوف متقاطعة فى خطوط متعامدة وقد تشمل كل مسطح البناء وتكون فى هذه الحالة على شكل فرش (Raft)

وتستعمل هذه فى حالة ماتكون قوة تحمل التربة ضعيفة جدا وتستعمل أيضا فى حالة مايقام الاساس على خوازيق قريبة من بعضها وهذا النوع من الاساس (الفرش) يضمن توزيع الاحمال بانتظام وكذا يضمن هبوطا منتظما وتصميمها كتصميم الطوابق (Slabs)

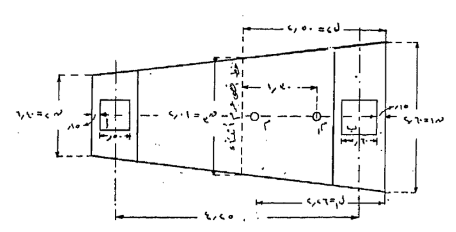
مثال تطبيق

تصميم اساس مشترك لعامودين ا ، ب كالمبين فى الشكلين ١٥٩ ، ١٦٠

قاعدة العامود (ا) ٥٠ سم × ٥٠ سم



شكل ١٥٩



شكل ١٦٠

الحمل الذى عليه مقداره (١٢٥٠٠٠) كجم

قاعدة العامود (ب) ٦٠ سم × ٦٠ سم

الحمل الذى عليه مقداره (١٦٩٠٠٠) كجم

والمسافة بين محورى العامودين ٤٫٢٥ م

نفرض ان قوة تحمل التربة هو ٣٢٠٠٠ كجم/م٢ وهذا اقل من قوة التربة المسموحة ولذلك لايحسب ثقل الاساس نفسه

الحل — لتصميم الاساس المشترك يجب مراعاة أن يكون مركز الثقل

للاساس متحدا مع مركز الضغط للحملين الواقعين على العامودين وفضلا عن ذلك يجب ان تكون قاعدة الاساس ذات مسطح بحيث لا يزيد مقدار وحدة الضغط على التربة تحت الاساس عن قوة تحملها المسموحة

مجموع الحملين الواقعين على العامودين ا ، ب ١٢٥٠٠٠ كجم

١٦٩٠٠٠ كجم

٢٩٤٠٠٠ كجم

فاذا فرضنا ان وحدة الحمل على التربة ٢٩٤٠٠ كجم/م٢

فان قاعدة الاساس تكون ٢٩٤٠٠٠ ÷ ٢٩٤٠٠ = ١٠ م٢

وبفرض ان شكل قاعدة الاساس شبه منحرف وذلك تبعا لتوزيع عزم الانشاء ولكى يكون الهبوط منتظما فانه يمكن ايجاد ابعاد شبه المنحرف كما يأتى

نفرض أن قاعدتى شبه المنحرف هما ($ن_١$)م ، ($ن_٢$)م وأن الطول هو (ل)م

$$\text{فأن مسطح الاساس} = \frac{ن_١ + ن_٢}{٢} \times ل$$

ولكن ل يمكن ايجاده لأن المسافة بين محورى العامودين هى ٤٫٢٥ م فأذا فرضنا أن بروز الأساس تحت كل عامود هو ١٥ سم

$$\text{فأن } ل = ٤٫٢٥ + \frac{٠٫٥٠}{٢} + \frac{٠٫٦٠}{٢} + ٢ \times ٠٫١٥ = ٥٫١٠ \text{م}$$

$$١٠٫٠٠ = \frac{ن_١ + ن_٢}{٢} \times ٥٫١٠$$

$$\text{أى } ن_١ + ن_٢ = \frac{٢٠}{٥٫١٠} = ٣٫٩٢ \text{ م أى ٤م تقريبا } (١)$$

لايجاد مركز الثقل نأخذ عزما على محور العامود (ب) ونفرض أن $ل_١$ هى مسافة مركز الضغوط م من حافة الاساس وتكون المسافة من مركز الضغوط الى محور العامود (ب) هى $ل_١ - (٠٫٣٠ + ٠٫١٥) = ل_١ - ٠٫٤٥$

عزم محصلة الضغوط $= ٢٩٤٠٠٠ \times (\text{ل}_{١} - ٠٫٤٥) = ١٢٥٠٠٠ \times ٤٫٢٥$

$$\text{ومنه } \text{ل}_{١} - ٠٫٤٥ = \frac{١٢٥٠٠٠ \times ٤٫٢٥}{٢٩٤٠٠٠} = ١٫٨١ \text{ م}$$

$$\therefore \text{ل}_{١} = ٢٫٢٦ \text{ م}$$

$$٥٫١٠ - \text{ل}_{١} = ٢٫٨٤ \text{ م}$$

$$\text{ومن المعادلة } \text{ل}_{١} = \frac{\text{ل}}{٣}\left(\frac{\text{ق}_{١} + ٢\text{ق}_{٢}}{\text{ق}_{١} + \text{ق}_{٢}}\right)$$

$$٢٫٢٦ = \frac{٥٫١٠}{٣}\left(\frac{\text{ق}_{١} + ٢\text{ق}_{١}}{\text{ق}_{١} + \text{ق}^{٢}}\right) \qquad (٢)$$

فاذا عوضنا $\text{ق}_{١} + \text{ق}_{٢}$ بالعدد ٤

$$\text{تصبح المعادلة (٢) كما يأتى } ٢٫٢٦ = \frac{٤ + \text{ق}_{٢}}{٤} \times \frac{٥٫١٠}{٣}$$

$$= \frac{(٤ + \text{ق}_{٢})\ ٥٫١٠}{١٢}$$

$$\text{ومنها } \text{ق}_{٢} = ١٫٤٠ \text{م}$$

$$\text{فتكون } \text{ق}_{١} = ٤ - ١٫٤٠ = ٢٫٦٠ \text{ م}$$

ولايجاد سمك الأساس ومسطح التسليح اللازم يجب ايجاد اقصى عزم انثناء وهو يقع عند القطاع الذى يكون فيه القص مساويا لصفر ثم ايجاد مركز الثقل لأحد قسمى الاساس الواقعين على جانبى هذا القطاع ولنفرض انهذا القطاع يقع على مسافة $\text{ل}_{٢}$ من القاعدة $\text{ق}_{١}$

$$\text{فيكون } ٢٩٤٠٠ \left[(٢٫٦٠ \text{ ل}_{٢} - \frac{٢٫٦٠ - ١٫٤٠}{٢ \times ٥٫١٠} (\text{ل}_{٢})^{٢} \right] = ١٦٩٠٠٠$$

$$٢٫٦٠ \text{ ل}_{٢} - ٠٫١١٨ (\text{ل}_{٢})^{٢} = ٥٫٧$$

وبالتجربه يمكن استخراج مقدار $\text{ل}_{٢} = ٢٫٥٠$م

$$\therefore \text{ق}_{١} - \text{ق}_{٢} = ٢٫٦٠ - ١٫٤٠ = ١٫٢٠ \text{ م}$$

فاذا فرضنا أن $\text{ں}_{٣}$ هو طول قطاع اقصى عزم انثناء

$$\frac{\text{ں}_{٣} - \text{ں}_{٢}}{\text{١ر٢٠}} = \frac{\text{٥ر١٠} - \text{٢ر٥٠}}{\text{٥ر١٠}}$$

$$\text{ومنه } \text{ں}_{٣} - \text{ں}_{٢} = \frac{\text{٢ر٦٠} \times \text{١ر٢٠}}{\text{٥ر١٠}} = \text{ر٦١م}$$

$$\text{ومنه } \text{ں}_{٣} = \text{ر٦١} + \text{١ر٤٠} = \text{٢ر٠١م}$$

فاذا فرضنا أن $\text{ل}_{٣}$ = البعد بين مركز الثقل لاحد قسمى الاساس وليكن القسم الذى على يمين قطاع اقصى عزم انثناء وبين خط اقصى عزم انثناء

$$\text{فان } \text{ل}_{٣} = \frac{\text{ل}_{٢}}{٣}\left(\frac{\text{ں}_{٣} + ٢\text{ں}_{١}}{\text{ں}_{٣} + \text{ں}_{١}}\right) = \frac{\text{٢ر٥٠}}{٣}\left[\frac{\text{٢ر٠١} + \text{٥ر٢٠}}{\text{٢ر٠١} + \text{٢ر٦٠}}\right] = \text{١ر٣٠م}$$

اما وقد وصلنا الى هذه النتائج فيمكن حساب اقصى عزم انثناء

$$\text{ع} = ١٦٩٠٠٠\ (\text{٢ر٥٠} - \text{ر٤٥} - \text{١ر٣٠}) = ١٢٦٧٥٠ \text{ كجم}$$

$$= ١٢٦٧٥٠ \times ١٠٠ \text{ كجم سم}$$

$$\text{ع للمتر الواحد من العرض} = \frac{١٢٦٧٥٠ \times ١٠٠}{\text{٢ر٠١}} = ٦٣٦٠٠٠٠ \text{ كجم سم}$$

$$\text{ومن ذلك ء} = \text{ر٤٠}\sqrt{\frac{١٢٦٧٥٠ \times ١٠٠}{٢٠١}} = \text{١٠٠ر٤ سم أى ١٠٠ سم}$$

$$\text{س مسطح الاسياخ} = \frac{\text{ع}}{٨٧٥\ \text{ء}} = \frac{١٢٦٧٥٠ \times ١٠٠}{٨٧٥ \times ١٠٠} = ١٤٤ \text{ سم}^{٢}$$

اذا استعملنا اسياخ من قطر ١½″ يكون عدد الاسياخ التى تستعمل هو ١٨ سيخ يحسب جهد التماسك لهذا العدد من الاسياخ

$$\text{جت} = \frac{\text{قص}}{\Sigma\text{ط} \times \text{ث ء}}$$

$$\text{قص} = ١٦٩٠٠٠ \text{ كجم}$$

فاذا فرضنا أن الأسياخ المستعملة هى من الاسياخ الملتوية ذات قوة التماسك

الكبيرة والتى جت لها يساوى ١٠٫٤ كجم/سم٢

$$\text{فان ط} = \frac{١٦٩٠٠٠}{١٠٫٤ \times ٩٫٩٧ \times ١٠٠ \times ٠٫٨٧٥} = ١٩ \text{ سيخ}$$

∴ يصير استعمال ١٩ سيخ حيث أن جهد التماسك يحدد ذلك ويجب اضافة أسياخ توزيع فى اتجاه العرض لمنع انثناء بروز الأساس فاذا اعتبرنا العامود (ب) فان عرض العتب الموزع للأحمال على التربة يكون ٩٠ سم

والحمل الذى يجب أن يصمم عليه هذا البروز هو

$$\frac{١٦٩٠٠٠}{٢}\left(\frac{ل١ - ٠٫٦٠}{ل١}\right)$$

$$\therefore ع = \frac{١٦٩٠٠٠}{٢}\left(\frac{٢٫٦٠ - ٠٫٦٠}{٢٫٦٠}\right) \times \frac{١٫٠٠}{٢} \times ١٠٠$$

$$= ٣٢٥٠٠٠٠ \text{ كجم سم}$$

$$\text{ويكون سمك العتب تحت العامود (ب)} = ٠٫٤ \sqrt{\frac{٣٢٥٠٠٠٠}{٩٠}} = ٧٦ \text{ سم}$$

وحيث ان سمك الأساس على اعتبار انه طابق هو ١٠٠ سم فيعتبر سمك العتب تحت العامود ١٠٠ سم

$$س = \frac{٣٢٥٠٠٠٠}{٨٧٥ \times ١٠٠} = ٣٨ \text{ سم}^٢$$

اذا استعملت أسياخ من قطر $\frac{٣}{٤}$" يكون عددها ١٤ سيخاً

وبنفس الطريقة يحسب عدد الاسياخ تحت العامود (ا)

وفى بعض الحالات يكون سمك العتب الموزع أكبر من سمك الاساس كله فيصير عمل الأساس تحت العامود بسمك أكبر من باقى الأساس

والآن يجب تحقيق جهد التماسك للاسياخ

أقصى جهد للقص تحت العامود (ب) = ٦٥٠٠٠ كجم

فاذا استعملنا أسياخا من الملتوية فان جت = ١٠٫٤ كجم/سم٢

وعدد أسياخ التسليح = $\frac{65000}{10.4 \times 100 \times 0.875 \times 5.97}$

= ١٢ سيخاً

وعليه يصير استعمال ١٤ سيخا وكذا يستعمل تحت العامود (ا) العدد الأكبر الذى ينتجه الحساب

وتوضع اسياخ تسليح عرضية للتوزيع فى المسافة الباقية بين العامودين على مسافات بين محاورها نحو ٦٠سم حتى يضمن متانة الأساس ومقدرته على توزيع الاحمال

ويجب عمل تسليح لمقاومة جهود الشد القطرى بواسطة كانات ولحساب ذلك يصير إيجاد البعد ك من موقع أقصى عزم انثناء الى الخط ص ص الذى عنده تكون وحدة جهد القص مساوية للجهد المسموح للخرسانة بدون حدوث شروخ فيها ولنفرض أن هذا الجهد = ٢٫٧ كجم / سم^2

فأن القطاع ص ص يمكن إيجاد بعده من المعادلة الآتية :

$$100 \times 2.01 \times 100 \times 2.7 \times \frac{7}{8} = 100 \times 2.01 \times ك \times 2.940$$

ك = ٨١ سم

والطول هـ ن الذى هو طول القطاع الخطر وكذا الطول ص ص القطاع الذى يكون عنده وحدة جهد القص مساوية للجهد المسموح بدون حدوث شروخ يمكن الحصول عليها بالمقاس من شكل شبه المنحرف الذى يمثل الاساس اذا رسم بمقياس مضبوط

وبالمقاس هـ ن = ٢٫٤٠ متر ، ص ص = ٢٫٢٠ متر

وحدة القص عند القطاع هـ ن

$$= \frac{169000 - 240 \times 90 \times 2.9400}{240 \times 100 \times \frac{7}{8}} = ٥ \text{ كجم / سم}^2$$

ومجموع القص الذى ستقاومه الركابات

$$\left[\frac{5 - 2.7}{5}\right]\left[\frac{5}{2}\right]\left[\frac{240 + 220}{2}\right] 94 = 24863 \text{ كجم}$$

فاذا استعملنا ركابات مبرومة من قطر ½" فان عدد الركابات يكون

$$\frac{٢٤٨٦٣}{١٫٢٦ \times ١٠٠٠} = ٢٠$$

وبمثل هذه الطريقة يصير إيجاد عدد الركابات عند العامود (ا)

والأحمال الخارجة عن محورى العامودين ا ، ب أى الحمل الذى على يسار محور العامود (ا) والحمل الذى على يمين محور العامود (ب) يسببان شدا فى أسفل الاساس عند القطاعين المارين بمحورى العامودين ا ، ب فيحسن اضافة عدد قليل من الاسياخ لمقاومة هذا الشد

أما اذا كان الحملين الواقعين على العامودين متساويين فيصمم الأساس على أنه مستطيل وليس شبه منحرف ويكون تصميمه كتصميم عتب على شكل حرف T معكوس

أما الأساسات المتصلة بكمرات فتستعمل لغرض منع التعدى على ملك الغير ولكن فى هذه الحالة يصير وصل الأساسين المفردين بكمر من الخرسانة المسلحة يختلف قطاعه عن قطاع كل من أساسى العامودين بخلاف الحالة فى الاساسات المشتركة وللاقتصاد فى الحفر للكمر يصير جعل سطح الكمر الأعلا مع سطح الأساسين

أساسات الحوائط المصنوعة من خرسانة عادية

الحوائط الخفيفة — فى تصميم الاساسات لحوائط المساكن والمبانى القليلة الارتفاع المكونة من دور واحد والتى فيها سمك الاساس لا يتجاوز ٣٠ سم يعمل بروز الاساس عن واجهه الحائط نصف سمك الحائط

ويعمل سمك الاساس ضعف البروز أو مساو لسمك الحائط ولكن يجب التحقق من ان تصميم الاساس بهذه الابعاد لا يعطى ضغوطا على التربة اكثر من قوة تحملها

أما فى حالة المبانى ذات الارتفاعات الكبيرة والحوائط الثقيلة فيحسب ثقل الحائط والحمل الذى عليها مضافا اليه ثقل الاساس ثم يقسم المجموع على

قوة تحمل التربة المسموحة لايجاد مسطح الاساس ويلاحظ تدريج الاساس أو امالة جوانبه وتصمم اساسات الاعمدة الخرسانية العادية بنفس الطريقة

الاساسات الخرسانية المسلحة للحوائط

يحسب مسطح الاساس فى المتر الطولى بقسمة الحمل (ص) فى المتر الطولى من الحائط على قوة تحمـــل التربة او مقاومتها ومن ذلك يمكن الحصول على عرض الاساس (ب) وكذا على بروز الاساس (حـ) لأن

$$حـ = \frac{ب - ا}{٢}$$ اذا كان ا هو سمك الحائط

بعد الحصول على مقدار البروز يصير إيجاد سمك الاساس من مقـدار عزم الانثناء عند القطاع الخطر (واجهة الحائط)

$$ع = \frac{ص_١ \times حـ^٢}{٢}$$

لايجاد سمك الاساس ى فان

$$ى = ٠٫٤٠ \sqrt{\frac{ع}{١٠٠}}$$

اما مسطح التسليح م فيحسب من القانون

$$م = \frac{ع}{٨٧٥ \times ى}$$ على اعتبار ان شص = ١٠٠٠ كجم/سم^٢

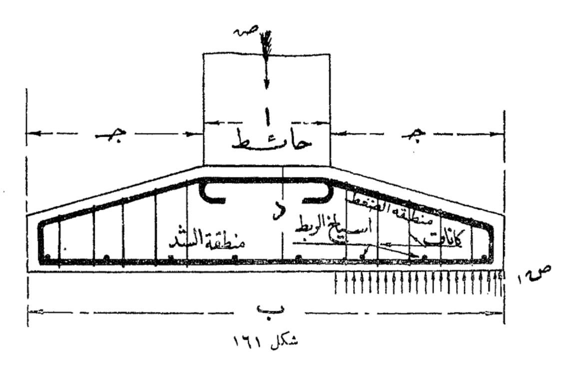
ثم تضاف اسياخ التوزيع بنسبة ٢٠٪ ومن المستحسن تكسيح أسياخ التسليح وثنيها كما هو مبين بالشكل ١٦١

ثم تحسب الكانات من القص فى المتر الطولى

$ع = ١ \times حـ \times ص_١$ فأذا كانت المسافة بين كانتين هى م مترا ؟ $س_١$ هو قطاع الكانة ؟ ك = عدد فروع الكانة الواحدة

فأن $م \cdot ع = قص \times س_١ \times ٠٫٨٧٥ \times ى \times ك$

ومنه يمكن استخراج مقدار م



شكل ١٦١

مثال تطبيق

صمم أساسا من الخرسانة المسلحة لحائط اذا كان

ص (الحمل فى المتر الطولى)	=	٢٥٠٠٠ ك ج
ا (سمك الحائط)	=	٦٠ر٠ م
ص١ (مقاومة الارض)	=	١٠٠٠٠ ك ج/م ٢
شص (جهد الشد لحديد التسليح)	=	١٠٠٠ ك ج/سم٢
ضخ (جهد الضغط للخرسانة)	=	٤٠ ك ج/سم٢
ن (معامل مرونة الحديد / معامل مرونة الخرسانة)	=	١٥
قص (جهد القص للحديد)	=	٨٠٠ ك ج/سم ٢

الحل — مسطح الاساس للمتر الطولى $= \frac{٢٥٠٠٠}{١٠٠٠٠} =$ ٥ ر٢ م٢

ويكون عرض الأساس = ٥ر٢ م

بروز الأساس $= \frac{٢٫٥٠ - ٠٫٦٠}{٢} =$ ٩٥ر٠

ع (عزم الانثناء عند واجهة الحائط) $= \frac{١٠٠٠٠ \times (٩٥ر٠)^{٢}}{٢}$

$=$ ٤٥١٢ر٥ ك جم أو ٤٥١٢٥٠ ك جسم

لايجاد سمك الاساس ى

$ى = ٤٠ر \sqrt{\frac{ع}{ب}}$

$= ٤٠ر \sqrt{\frac{٤٥١٢٥٠}{١٠٠}} =$ ٢٦ر٨٨ سم

أى السمك العـــامل تحت الحائط هو ٢٧ سم تقريبا والسمك الـكلى ٣١ سم

لايجاد م (مسطح التسليح) $= \frac{ع}{٨٧٥ \times ى} =$ ١ر١٩ سم٢

أى يستعمل ١٠ أسياخ قطر $\frac{٥}{٨}$" ويحسن تكسيحها ورفعها الى منطقة الضغط

أما أسياخ التوزيع فيكون مسطحها ١ر١٩ × ٢٠٪ = ٣ر٨٢ سم٢

ثم تحسب الكانات

فاذا فرضنا أن الكانات من أســـياخ قطر ٦٣٥ر سم ومسطح قطاع الكانة $=$ س١ $=$ ٣٢ر سم٢

فأن مجموع القص الذى تقاومه الكانات فى المتر الطولى

ح $=$ ١٫٠٠ × ٠٫٩٥ × ١٠٠٠٠

ولايجاد المسافة (م) بين الكانات تستعمل المعادلة الآتية

م × ح $=$ قص × س١ × ٠٫٨٧٥ × ى × عدد فروع الكانة

وحيث أن عدد فروع الكانة $=$ ١١ لانها تمر فوق كل الاسياخ

فيكون م × ١٫٠٠ × ٩٥ر × ١٠٠٠٠ $=$ ٨٠٠ × ٠٫٨٧٥ × ٠٫٣٢ × ٢٧ × ١١

$\therefore$ م $= \frac{٦٥٢٨}{٩٥٠٠} =$ ٧ سم

الاساسات الشبكية Grillage Foundations

الغرض من استعمال الأساسات الشبكية هو توزيع الاحمال على مسطح كبير من التربة بواسطة أساس ممتـــد (Spread) فوظيفته فى ذلك كوظيفة الاساسات الخرسانية المسلحة التى أصبح الآن لها شأن أكبر وشاع استعمالها أكثر من الأساسات الشبكية ويراعى فى الأساسات الشبكية أن يكون سمك الأساس أصغر ما يمكن ويستعمل فى تسليحها قضبان او كمرات حديدية توضع على طبقتين وفى اتجاهين متعامدين وهذه الشبكة المكونة من طبقتى الكمرات تكون مدفونة ضمن اساس من الخرسانة ويلاحظ ان تغطى القضبان أو الكمرات بالخرسانة من جميع جهاتهـــا لحمايتها من الصدأ كما هو الحال فى الخرسانة المسلحة وتصمم الكمرات على انها تقاوم اقصى عزم انثناء وكذا اقصى مقدار للقص

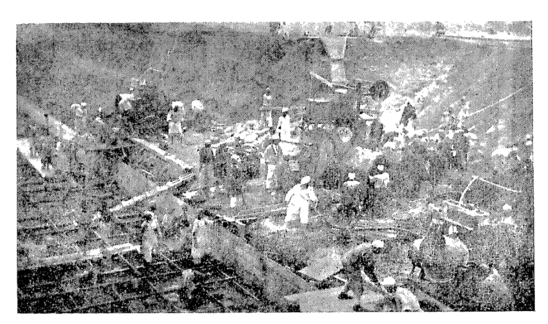
ويراعى فى المسافات التى بين الكمرات التى فى طبقة واحدة ان تكون كافية لغرض دك الخرسانة بينها بحيث يمكن توزيع الاحمال بواسطة الخرسانة

ويجب المحافظة على المسافة التى بين الكمرات بواسطة وضع فواصل من الحديد بينها على مسافات من طولها وان لا يقل ارتفاع الخرسانة تحت الكمر عن ١٠ سم ويحسن ان يكون من ١٥ سم الى ٢٥ سم وأن لا تقل المسافات بين حافات رءوس الكمرات عن ٧ سم ولا تزيد عن ٣ مرات عرض رأس الكمر

وتوضع طبقة الخرسانة التى تحت الشبكة أولا ثم توضع الكمرات التى فى الطبقة السفلى مع ملاحظة المحافظة على المسافات التى بينها ثم توضع الطبقة الثانية من الكمرات مع المحافظة أيضا على المسافات التى بينها ويحسن ربط الطبقتين ببعضها باسلاك حديدية حتى لا تتزحزح عن مواضعها أثناء صب الخرسانة ودكها ويجب الاعتناء بدك الخرسانة بحيث تملأ كل الفراغ الذى بين الكمرات وبحيث ترتكز الخرسانة على رءوس الكمرات مع عدم زحزحة الكمرات عن مواضعها

ويعتبر مسطح الاساس العامل انه مستطيل احد ضلعيه طول الكمرات والآخر العرض بين الحافتين المتطرفتين لرءوس الكمرات

والصورة الفوتوغرافية شكل ١٦٢ تبين أساسا شبكيا حديديا



شكل ١٦٢

الاساسات الشبكية الحديدية

مثال تطبيق — صمم أساسا شبكيا حديديا لعامود من الكمر الحديدى وعليه حمل مقداره ١٨٠٠٠٠ ك ج وقوة تحمل التربة التى سيقام عليها الاساس ٢ ك ج / سم٢

مسطح الاساس = $\frac{١٨٠٠٠٠}{٢}$ = ٩٠٠٠٠ سم٢

نفرض ان الاساس مستطيلا ابعاده ٢٤٠ سم × ٣٨٠ سم = ٩١٢٠٠ سم٢

فبفرض أن ٢٥ سم من كل من أبعاد من القاعدة الخرسانية غير عاملة فان ابعاد مسطح الطبقة السفلى من الكمرات هى ١٩٠ سم ، ٣٣٠ سم

فاذا فرضنا أن العامود يرتكز على قاعدة من الصلب فوق الطبقة العليا من الشبكة الحديدية وابعاد هذه القاعدة ٤٠ × ٤٠ × ٢,٥ سم فان ابعاد الطبقة العليا الحديدية يكون ١٩٠ سم ، ٤٠ سم

ع للطبقة السفلى تحسب كما يأتى

$$ع = ٢ \times ٢٤٠ \left(\frac{(١٩٠ - ٢٠)^٢}{٢} \right) = ٦٩٣٦٠٠٠ \text{ كجم سم}$$

$$ع = \frac{شص \times ع_{ن}}{ى} \quad \text{أو} \quad \frac{ع}{١٤٠٠} = \frac{ع_{ن}}{ى}$$

$ع_{ن}$ = عزم القصور الذاتى للكمر

ولنفرض أن الكمر على شكل I

ابعاده كما يأتى عرض الرأس = ب

ارتفاع الروح (Web) = $ى_{١}$

ارتفاع الكمر من الحافة العليا الى الحافة السفلى = ى

عرض رأس الكمر ناقصا سمك الروح = $ب_{١}$

سمك الروح = $ب - ب_{١}$

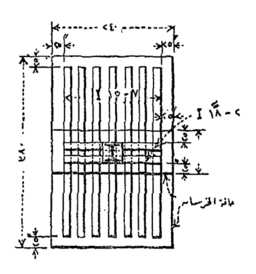
$$ع_{ن} \text{ للكمر} = \frac{ب ى^٣ - ب_{١} ى_{١}^٣}{١٢} \qquad ى = \frac{ى}{٢}$$

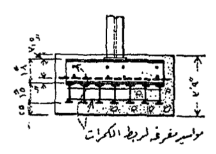
$$\frac{ع_{ن}}{ى} = \frac{ب ى^٣ - ب_{١} ى_{١}^٣}{٦ ى}$$

$$\text{ولكن } \frac{ع_{ن}}{ى} = \frac{٦٩٣٦٠٠٠}{١٤٠٠} = ٤٩٥٥$$

ويمكن استخراج قطاع الكمر من أى جدول من جداول قطاعات الكمرات ثم يختبر قطاع الكمر للقص واذا استعمل ٧ كمرات من ارتفاع ١٥″ ووزن ٤٢ رطل فذلك يفى بالغرض

وبمثل هذه الطريقة يستخرج عدد الكمرات اللازم للطبقة العليا وبالحساب يوجد أنه يكفى استعمال كمرتين ارتفاع ١٨″ وزن ٧٠ رطل والشكل ١٦٣ يبين ذلك





شكل ١٦٣

الاساسات الشبكية الخشبية

فى المنشآت المؤقتة على تربة ضعيفة وكذا فى المنشآت الدائمة إذا كان الأساس تحت منسوب سطح الماء الجوفى يمكن استعمال اساسات شبكية خشبية فاذا كانت الأساسات حاملة لحوائط فتعمل الشبكة من ثلاث طبقات من الخشب تكون الطبقة السفلى والعليا فى اتجاه طول الحائط ومن ألواح سمك ٢ً أو ٣ً والطبقة التى بينهما تكون فى اتجاه عمودى على طول الحائط وتكون من أخشات متينة لتقاوم عزم الانثناء الناشىء على البروزين الخارجين عن واجهتى الحائط كما هو مبين بالشكل ١٦٤

وتوضع هذه الكتل على مسافات بينها تحدد حسب قطاعها وقوة مقاومتها والطبقة العليا من الشبكة توزع الحمل على الكتل التى تحتها ويجب حساب هذه على اعتبار انها اعتاب وأن لاتزيد الجهود الحادثة فيها عن الجهد المسموح

لنوع الخشب المستعمل ويمكن أخذ الجهد المسموح فى الأعمال المؤقتة كأنه يساوى ١١٠ كجم/سم^{2}

فاذا كان الأساس لعامود ابعاد قطاعه عادية فان الشبكة يكفى أن تكون من طبقتين من الكتل يرتكزان على طبقة من الألواح ترتكز فوق سطح التربة وذلك لضمان انتظام توزيع الحمل وضمان هبوط متساو لكل الكتل وقد يستدعى الحال زيادة عدد الطبقات الخشبية

مثال تطبيقى — صمم أساسا شبكيا من الخشب لحائط سمكه ٤٥ سم عند أسفله اذا كان الثقل فى المتر الطولى ١٧٦٠٠ كجم/م

والحمل المسموح على التربة هو ٩٦٠٠ ك ج/م^{2}

الحل — عرض الاساس $= \frac{17600}{9600} =$ ١٫٨٥ م تقريبا

وعليه يكون بروز الاساس عن أوجه الحائط فى كل من الاتجاهين

$\frac{1}{2}$(١٫٨٥ — ٠٫٤٥) = ٠٫٧٠ متر أى ٧٠ سم

وعزم الانثناء لاحد البروزين ع = ٩٦٠٠ × ٠٫٧٠ × ٠٫٣٥ × ١٠٠

= ٢٣٥٢٠٠ كجم سم

ع $= \frac{\text{شب} \times \text{ع}_{\text{و}}}{\text{ى}} =$ ٢٣٥٢٠٠ كجم سم

شب = ١١٠ كجم/سم^{2}

ع$_{\text{و}}$ $= \frac{\text{ب ى}^{3}}{12}$ وفيها ب عرض الكتلة ى ارتفاعها

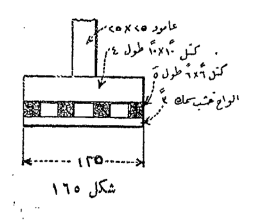
ى $= \frac{\text{ى}}{2}$

$\therefore \frac{\text{ع}}{\text{شب}} = \frac{\text{ع}_{\text{و}}}{\text{ى}} = \frac{235200}{110} = \frac{\text{ب ى}^{2}}{6}$

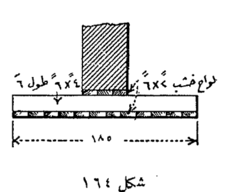
$\therefore \frac{\text{ب ى}^{2}}{6} = 2138$

ومن ذلك يمكن معرفة عدد الكتل التى يجب استعمالها وكذا ابعاد قطاعها إذا استعملت كتل خشبية من ابعاد ٤ً × ٦ً طول ٦َ والابعاد بين محاورها مقدارها ٨ً فانها تفى بالغرض.

أما الألواح التى تستعمل لتوزيع الأحمال فتكون من سمك ٢ً الى ٣ً كما هو مبين بالشكل ١٦٤



شكل ١٦٥



شكل ١٦٤

مثال تطبيقى

عامود ابعاده (٢٥ × ٢٥ سم) محمل بحمل مقداره (١٩٦٤٣) كجم فاذا كانت الجهود المسموحة كالمبين بالمثال السابق وجهد الضغط للخشب ٢٢٣ كجم/سم٢ فصمم الاساس للعامود

الحل — مسطح اساس العامود $= \frac{١٩٦٤٣}{٩٦٠٠} =$ ٢٫٠٠ م٢ تقريبا

نفرض أن ابعاد الاساس هى ١٫٦٠م × ١٫٢٥م

وأن الطبقة التى تحت العامود طول الاخشاب التى فيها ١٫٢٥م كما هو مبين بالشكل ١٦٥

فاذا كان البروز المتأثر برد الفعل طوله ٦٢٫٥ سم أى يبدأ عند محور قاعدة العامود فان عزم الانثناء يكون

ع = ½ × ١٫٢٥ × ٩٦٠٠ × ١٫٦٠ × ٣١٫٢٥

= ٣٠٠ × ١٠٦ كجم سم

$\frac{\text{ب ى}^{٢}}{٦} = \frac{٣٠٠ \times ١٠^{٦}}{١١٠}$ ومن ذلك يمكن استخراج ابعاد الكتل وعددها

ولنفرض اننا استعملنا كتلا ٣ً × ٣ً كما هو مبين بالشكل ١٦٥

أساسات أعمال الرى

أعمال الرى تشمل القناطر والاعتاب بانواعها المختلفة والمصبات والسدود والكبارى والسحارات والبدالات

السدود والخزانات — البنائية الكبيرة الارتفاع والتى تبنى على أساس صخرى أصم فكل ما يجب الحصول عليه هو أن تكون قوة تحمل الصخر أكبر من الجهود التى تنشأ عن محصلة القوى المسببة عن ثقل الخزان والاحمال الحية وضغط الماء المسبب عن فرق التوازن والقوى الأخرى المؤثرة كاهتزازات حركة المرور وضغط الرياح ويجب عمل الاحتياطات التى سبق بيانها فى الباب الأول لعدم وجود مياه بين جسم الخزان والأساس

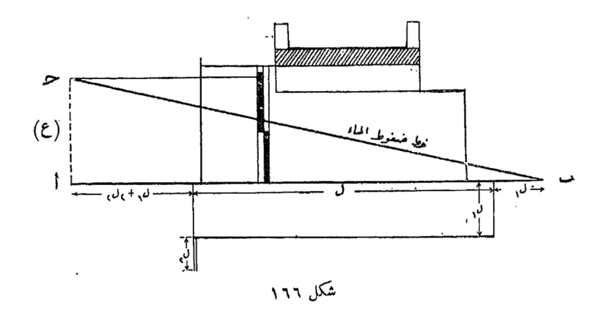
أما الاعتاب والقناطر والمصبات والسدود البنائية الصغيرة الارتفاع والمقامة على طبقة رملية أو طينية أو طينية رملية فتصمم فروشاتها من تأثير قوة الرفع الى اعلا المسببة عن وجود المياه بين الاساس والتربة وحيث أن ضعف قوة تحمل التربة فى حالة البناء على تربة من الانواع السابقة يمكن تلافيه اما بتكبير مسطح الأساس أو بتقوية التربة بخوازيق أو باستعمال خوازيق حاملة وبذا يضمن عدم تداعى البناء بسبب الهبوط

فما يخشى منه فى هذه الحالات هو سقوط المنشآت بسبب نحر التربة التى تحت الفرش نتيجة للضاغط المسبب عن فرق التوازن ولذا يعمل الفرش الخلفى بطول كاف خلف القنطرة حتى تنعدم سرعة المياه المسببة عن الضاغط وبذا تصبح المياه غير قادرة على حمل حبات التربة

ويجب جعل الضغط المقاوم لقوة الرفع أكبر منها حتى تضمن سلامة الفرش وعدم كسره بتأثير قوة الرفع الى أعلا وفيما يلى سنشرح تأثير قوة

الرفع على فروشات القناطر والاعتاب والاعمال المعرضة لضاغط بسبب فرق توازن الماء عليها

فلنفرض قنطرة كالمبينة بالشكل ١٦٦



شكل ١٦٦

وفيها $ل_١$ = سمك الفرش

ل = طول الفرش

$ل_٢$ = ارتفاع الستائر الامامية

ع = ارتفاع الماء أمام القنطرة

ولنفرض أن القنطرة جافة فى الخلف ففى هذه الحالة يكون

ع هو فرق التوازن على القنطرة

وطول خط الرشح أى المسافة التى تمر فيها المياه فى جزء قاطع للماء يساوى

$ل + ٢ ل_١ + ٢ ل_٢$

وتبدأ المياه مرورها فى هذا الخط بسرعة معينة تبعا للضاغط ع ثم تقل سرعتها شيئاً فشيئاً بسبب الاحتكاك بينها وبين الاساس وحبات التربة

فأذا فرضنا أن معامل الاحتكاك ثابت فى الطول $ل + ٢ ل_١ + ٢ ل_٢$ فيمكن الحصول على خط ضغوط المياه بأخذ مسافة أمام فرش القنطرة مساوية لطول $ل_١ + ٢ ل_٢$ ومسافة خلف فرش القنطرة مساوية للطول $ل_١$ وبذلك نحصل على طول خط الرشح فاذا اقمنا من النقطة الامامية (ا)

لخط الرشح خطا رأسيا ليقطع منسوب الماء فى الأمام فى النقطة حـ ثم وصلنا بين نقطة (حـ) والنقطة الخلفية (ب) لخط الرشح فهذا الخط المائل الواصل بين النقطتين هو خط ضغوط المياه ويمكن الحصول على قوة الرفع عند اى نقطة بمقاس الخط الرأسى بين هذا الخط المائل والسطح الاسفل لفرش القنطرة

فاذا كان خلف الحجز ماء فيطرح ارتفاع هذا الماء من ارتفاع خط الضغوط عن الاساس وذلك لأن الماء الخلفى يقاوم جزءا من الضغط الى أعلا مساو له فى المقدار فاذا لم يعترض خط سير المـــاء تحت الفرش عقبات كستائر او دفرة فأن خط الضغوط يكون خطا مستقيما اما اذا اعترضه ستائر او دفرة فأنه يحدث سقوط فجائى عند مواقع الستائر او الدفرة مقداره ضعف ارتفاع الستائر او ضعف ارتفاع الدفرة مضافا اليه سمكها

ويقاوم الرفع الى أعلا امام القنطرة الماء بارتفاع (ع) مضافا الى ذلك ثقل الفرش (ث ل١) وبما ان (ث) اكبر من (١) فيكون الضغط المقاوم للرفع اكبر فى المقدار من الرفع

اما خلف القنطرة فيجب ان يصمم سمك الفرش بحيث انه وحده يكون قادرا على مقاومة قـــوة الرفع وتلك هى الحالة التى تكون فيها القنطرة جافة فى الخلف فاذا كانت القنطرة لاتجف فى الخلف فيخصم اقل ارتفاع للماء (ع١) يوجد خلف القنطرة من قـــوة الرفع ويصمم الفرش على انه يقاوم قوة الرفع مطروحا منها هذا الارتفاع من الماء (ع١) وفى هذه الحالة يؤخذ طول خط الرشح على المنسوب الخلفى للماء

وفى هذه الحالة اذا ساوينا بين القوتين يكون قوة الرفع = ع١ + ث ل١

ولكن قوة الرفع = ع١ + ل١ + المسافة بين منسوب الماء الخلفى وخط الضغوط فاذا فرضنا ان قوة الرفع = ف

والمسافة بين منسوب الماء الخلفى وخط الضغوط = ى

فأن ف = ع١ + ل١ + ى

ولكن ف = ع١ + ث ل١

$$\therefore \text{ع}_{١} + \text{ث}\,\text{ل}_{١} = \text{ع}_{١} + \text{ل}_{١} + \text{ى}$$

ومنها $\text{ث}\,\text{ل}_{١} = \text{ل}_{١} + \text{ى}$

$$\therefore \text{ى} = \text{ث}\,\text{ل}_{١} - \text{ل}_{١} = \text{ل}_{١}\,(\text{ث} - ١)$$

$$\therefore \text{ل}_{١} = \text{ى} \div (\text{ث} - ١)$$

وفى حالة ما تكون القنطرة جافة يكون ى هو المسافة بين السطح الاعلا للفرش وخط الضغوط

فكأننا فى هذه الحالة نعتبر أن سمك الفرش باعتباره معوم يقاوم قوة الرفع مطروحا منها ارتفاع الماء خلف القنطرة و سمك الفرش

ولكن لجانب الأمن يستعمل عادة معامل أمن مقداره من ١٫٢٠ الى ١٫٥٠ فاذا فرضنا أن معامل الأمن هو ١٫٢٥ فيكون

$$\text{ل}_{١} = \frac{\text{ى}}{\frac{٤}{٥}\,\text{ث} - ١}$$

$$\text{ا} \therefore \text{ل}_{١}\,\text{ث} = \frac{٥}{٤}\,(\text{ى} + \text{ل}_{١})$$

وطول خط الرشح اذا كان ع هو فرق التوازن بين الامام والخلف ∴ هـ معامل يتغير بتغيير نوع التربة ومقدار سماحها لرشح الماء بين حباتها وجد أنه يساوى (هـ.ع) وفى مصر هـ تختلف من ٩ الى ١٥

ومن الواضح أنه كلما جعل الجزء من الفرش القاطع للماء أمام الحجز اطول كلما كان مقدار الرفع خلف موقع الحجز أقل وفى هـذا توفير فى سمك الاساس وعليه فيجب جعل أطول جزء من الفرش القاطع فى الامام ولذا فكل الستائر والدفرات التى تعمل لهذا الغرض تعمل أمام الحجز أو تحت الحجز مباشرة اما اذا كان الغرض من الستائر او الدفرة هو حجز التربة من الزحف فيجب وضعها خلف الحجز ويلاحظ أن تطويل الفرش خلف الحجز مما يزيد قوة الرفع وبالتبعية سمك الفرش

ولكن من الضرورى عمل جزء من الفرش القاطع خلف الحجز لحماية القاع من سقوط الماء ومن النحر ويجب ملاحظة ان تكون وصلات الستائر

محكمة جدا حتى لا ينفذ منها الماء وأن تدفن رءوس الستائر داخل خرسانة الفرش

ومتى قل مقدار الرفع خلف الحجز الى درجة يسمح معها بتغيير سمك الفرش فيجب تدريج الفرش بجعل سمكه اصغر لان فى ذلك اقتصاد وتعمل فروشات القناطر فى مصر من خرسانة الجير والحمرة أو خرسانة الاسمنت والرمل العادية او الخرسانة المسلحة بشبكة من القضبان الحديدية

النحر خلف القناطر والسدود

سرعة الماء داخل القناطر تكون عادة اكبر من السرعة العادية فى قطاع المجرى وعند خروج الماء من القنطرة تنزع للعودة الى سرعتها العادية قبل دخولها القنطرة ويتسبب عن ذلك حدوث دوامات تسبب نحرا فى قاع المجرى أو جوانبه اذا لم تعمل الوقاية اللازمة كما أن سقوط الماء فى حالة السدود يسبب نحرا أيضا ولذا وجب مد الفرش القاطع للماء خلف القنطرة أو السد حتى تعود الماء الى سرعتها التى لا تؤثر بالنحر فى قاع المجرى وجوانبه ويجب حماية جوانب المجرى بتكسيات وحدوث نحر فى القاع أو فى الجوانب يتسبب عنه تداعى القنطرة أو السد

الكبارى والبدالات

أما فى الكبارى فأن عمل قطاع مجرى الماء فى الكوبرى أقل من قطاع الترعة أو النهر فأن سرعة الماء تزيد وفى هذه الحالة يجب عمل فرش لحماية التربة تحت الكوبرى وخلفه ويختلف عن فرش القناطر بأنه لا يكون معرضا الى قوة رفع وتصمم الفروشات فى حالة الكبارى على أنها تقاوم اندفاع المياه بسبب زيادة سرعتها أو تصمم من القانون ٧٠ر٠ $\sqrt{ع}$ اذا كان ع اكبر ارتفاع للماء فى الكوبرى

فاذا أمكن جعل قطاع الماء فى الكوبرى مساويا لقطاع الترعة فلا يوجد

داعى لعمل فرش مطلقا لأن السرعة تكون واحدة امام الكوبرى وداخل الكوبرى ولكن يحتاط للأمر بتكسية القاع بأحجار

البغـــال

يجب أن تصمم على أن تقاوم كل الاحمال المؤثرة عليها ويجب أن لا يهمل أى حمل الا اذا كان اهماله فى جانب الأمن وللاقتصاد يحسن عمل البغال مسلوبة بحيث تكون قاعدتها أكبر من قمتها لضمان ثباتها

وتصمم أساساتها من واقع قوة تحمل التربة ويعتبر العرض العامل للاساس كأنه العرض المحصور ضمن خطين بميلان ١ : ٢ من قاعدة البغلة فاذا كان الاساس مربوطا بشبكة من القضبان الحديدية فيعتبر أن العرض العامل هو سعة فتحة مضافا اليه عرض قاعدة البغلة

الحوائط السائدة والاكتاف

تكون عادة ذات عرض أكبر عنـــد قاعدتها حيث أن الضغط الجانبى الواقع عليها يزيد كلما زاد ارتفاع الجسر المسنود ويصمم الاساس من واقع قوة تحمل التربة أيضا ويكون عرضه هو المحصور بين خطين مائلين ١ : ٢ من قاعدة الحائط ما لم يكن الاساس مسلحا فيحسب بكامل عرضه

ويوجد جملة قوانين لحساب عرض البغال والاكتاف والحوائط السائدة وسمك الاساس بنسبة ابعاد فتحات الكبارى أو القناطر وارتفاع الماء بها ولكن يجب تصميم كل حالة حسابيا أو تخطيطيا Graphically مع مراعاة جميع القوى المؤثرة والظروف المحيطة حتى يضمن المهنـــدس سلامة منشآته

الباب التاسع

الرشح من المبانى

أسبابه وعلاجه

يجب العناية بجعل المبانى التى تحت منسوب الماء الجوفى مانعه للماء Water Tight ويمكن ضمان ذلك باختيار مواد البناء من الطوب أو الحجارة بحيث تكون مندمجة الحبيبات وبعمل اللحامات من مونة مانعة للماء بقدر المستطاع وعادة مونة اسمنت ورمل بنسبة ١ : ٢ ثم كحل اللحامات بمونة اسمنت ورمل ١ : ١ أو بأسمنت لبانى

الخرسانة

أما الخرسانة فيجب أن تكون من الأسمنت والرمل والحصا أو كسر الأحجار المندمجة الحبيبات سواءاً جيرية أو رملية أو من الجرانيت أو البازلت أو ما اليها وتكون عادة من نسب ١:٢:٤

ويجب العناية بصناعة المونة والخرسانة عناية تامة حيث انة على نوع المواد وطريقة خلط المونة وخلط الخرسانة تتوقف درجة اســتعداد المبانى لمنع الماء من التسرب منها الى داخل البناء ولكن الخرسانة لابد وأن يكون فيها مسام تكون عادة نتيجة التفاعل الكيماوى المسبب لتجمد الخرسانة

ولما كان من الضرورى استعمال كمية معينة من الماء لاحداث هذا التفاعل واحداث التجمد الذى ينشأ عنه إلا أن جزءاً من الماء يبقى بعد حدوث التجمد

ولما كان لا يصحب تجمد الاسمنت انكماش محسوس فى حجمه وكان الماء البافى والذى يبلغ نحو ٣٠ ٪ من حجم الخرسانة يتبخر أثناء تجمد الاسمنت فان الماء بعد تبخره يترك فجوات مساوية لحجمه

ومن هنا تنشأ الضرورة الملحة لوقاية الخرسانة والمونة المكونة من الاسمنت والرمل ضد الرشح لجعلها مانعة للماء

طرق الوقاية

لوقاية المبانى ضد رشح الماء جملة طرق نلخصها فيما يلى

١ — جعل سمك الحوائط كبيراً الا أن هذا يكلف كثيراً

٢ — بياض الأوجه الخارجية أو الداخلية بمونة دسمة من الأسمنت والرمل أو الأسمنت والرمل يضاف اليها مواد أخرى أو من مون مركبة من مواد أخرى مانعة للماء والبياض من الخارج أنجع لأن البياض من الداخل يكون عرضة للتلف بتأثير ضغط مياه الرشح

٣ — كحلة بمونة دسمة من الأسمنت والرمل أو من الاسمنت والرمل ومواد أخرى أو كحلة بمونة مركبة من مواد أخرى مانعة للماء

٤ — خلط مواد مختلفة مع الخرسانة

٥ — تغطية أوجه الحوائط بأقشة مقطرنة أو مطاط مقطرن وقد توضع هذه الأغطية فى وسط الحائط وكذا تستعمل ألواح من الرصاص أو من المعادن الأخرى التى لا تصدأ

٦ — دهان أوجه الحائط بدهانات مختلفة مانعة للماء

٧ — الحقن بالأسمنت اللبانى أو المواد الكيماوية

٨ — صرف المنطقة

البياض — يستعمل البياض من مون ذات نسب مختلفة من الأسمنت البورتلندى والرمل أو منهما مع اضافة مواد أخرى اليهما وقد عملت تجارب بمصلحة المجارى الرئيسية بالقاهرة عن ذلك يمكن تلخيصها فيما يلى :

فقد استعملت السيكا لخلطها مع مونة الاسمنت والرمل بنسب مختلفة والسيكا مادة قلوية تباع على خمسة انواع رقم ١،١، ٢، ٣، ٤، ١٤ ووجد أن السيكا رقم ١، ٢ رقم ١٤ اعطت احسن النتائج للوقاية من الرشح وتكون السيكا على شكل سوائل أو شحوم

واستعمل من السوائل لخلط المونة التريكوسال والانيرتول والالتراتوكس والاكوازيت

ومن المساحيق — التراس والتوكسمنت تخلط مع المونة

ومن الأملاح — السايكوفلوريد كما استعملت مواد اخرى ووجد ان احسن النتائج اعطيت بالتوكسمنت اذا خلط مع الاسمنت بنسبة ٣٪

وقد استعمل فى جهات اخرى بعض انواع مختلفة من الشحوم Fat & Tallow كانت تخلط مع الجير ومونة الاسمنت والرمل كما انه استعمل بعض انواع الصوابين كانت تخلط مع مونة الاسمنت ولكن وجد ان هذه المواد تذوب بفعل الماء

واستعمل كمونة ايضا انواع اخرى من الاسمنت كالفوندى واليورامنت تخلط بالرمل وقد استعملت فى تجارب مصلحة المجارى واعطت نتائج مفيدة

البياض بالقذف من مدفع Gunnite ومن احدث الطرق لضمان منع الرشح من الخرسانة او المبانى هو بياض الاسطح بقذف مونة الاسمنت والرمل بالهواء المضغوط Gunnite

فتضغط مونة مخلوطة خلطا جافا بنسبة ١:٣ اسمنت لى رمل داخل خرطوم يتصل بخزان الهواء المضغوط عن طريق المدفع

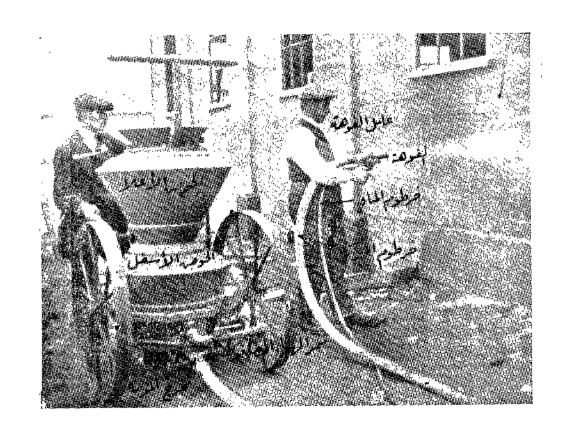
وتضغط المياه داخل خرطوم آخر يتصل ايضاً بخزان الهواء المضغوط ويتصل الخرطومان عند نهايتيهما بمشترك تتحد فيه المونة الجافة والماء ومنه تخرج المونة مخلوطة بالماء تحت تأثير ضغط الهواء بقوة كافية لأن تملأ مسام الخرسانة وتكون طبقة من البياض فوق سطحها تكون مانعة للماء

ويستعمل ضغط الهواء عادة بمقدار خمسة اجواء وقد استعملت هذه الطريقة فى بياض سطح البطانة الداخلى لنفق الأحايوة وفيما يلى شرح لآلة المدفع

مدفع المونة Cement Gun

هو جهاز مركب من حوضين موضوعين فوق بعضهما ويفصلهما عن بعضهما غطاء يشغل بواسطة مقبض كما هو مبين بالشكل ١٦٧

فتوضع المونة المخلوطة خلطا جافا من فتحة الحوض الاعلا ثم يفتح الغطاء



شكل ١٦٧

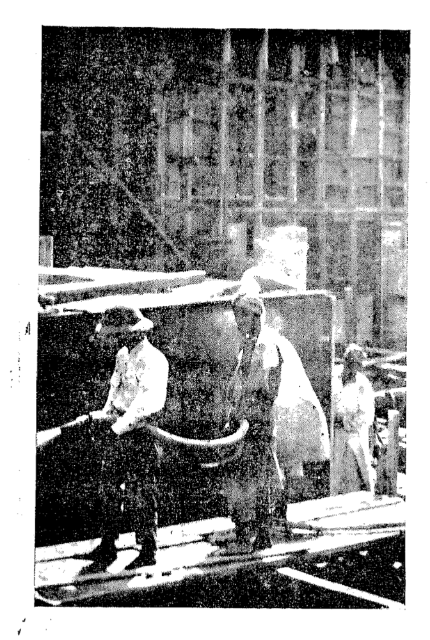
الذى يفصل الحوضين ويسمح للمونة بالدخول الى الحوض الاسفل ثم يقفل الغطاء ويفتح ممر الهواء المضغوط الى الحوض الاسفل فعند دخول الهواء المضغوط تدار مروحة موجودة بداخل الحوض لتقليب المونة والمحافظة على بقائها مخلوطة اثناء طردها بفعل الهواء المضغوط من مخرج خاص للمونة

والتى بعد خروجها من الحوض الاسفل تمر فى خرطوم يتصل عند نهايته بمشترك ذى فوهة مع خرطوم آخر ينقل الماء من مصدر مستقل تحت تأثير الهواء المضغوط أيضا

فتخرج المونة بعد خلطها بالماء وتقذف الى مسافات بعيدة بقوة ضغط الهواء

ويشغل هذا الجهاز عاملان أحدهما ويسمى عامل الفوهة Nozyzle Man وهو الذى يمسك الفوهة ويوجهها الى السطح المرغوب قذف المونة عليه لبياضه وعلى هذا العامل أن يضبط مقدار الماء اللازم للمونة والعامل الآخر ويسمى عامل المدفع Gün Operator لتشغيل المدفع نفسه

والشكل ١٦٨ يبين عامل النوهة وهو يقوم ببياض سطح حائط



شكل ١٦٨

ملحوظات هامة يجب مراعاتها اثناء عملية قذف المونة

١ — يجب أن تكون كمية الهواء المستعملة كافية وكذا ضغط الهواء ويستعمل الهواء عادة بضغط مقداره من ٣٥ الى ٥٠ رطل على البوصة المربعة

٢ — يجب أن يكون الهواء المستعمل جافا تماما ويحسن استعمال مجفف خاص لذلك (Dryer) لأنه باستعمال هواء مبلل يكون من المحتمل دائما أن يسد الخرطوم كليا أو جزئيا بسبب التصاق المونة المبللة بجوانبه فاذا حصل سدد من هذا القبيل يجب معرفة موضعه وازالته

٣ — يجب تنظيف جهاز مدفع المونة كل ليلة أو فى فترات الراحة وإلا فان الاسمنت الذى يتخلف فى جهاز المدفع يشك

٤ — يجب على عامل الفوهة أن يحركها باستمرار على السطح كله حتى تتوزع المونة بانتظام وينشأ عن ذلك بياض دو سمك واحد وعلى طبقات رقيقة

٥ — ويجب أن يجعل إتجاه الفوهة عموديا على السطح بقـــدر المستطاع وأن تكون الفوهة على بعد نحو ٩٠ سم من السطح

٦ — ووجد أن أحسن النتائج تحرز بخرطوم من طول ١٧ م الى ٥٠ م وأن خرطوما طوله نحو ١٤٠ مترا مع رفع المونة المقذوفة الى علو نحو ٢٥ مترا قد أعطى نتائج حسنة وفى هذه الحالة استعمل ضغط هواء مقداره (٧٥) رطل عند المدفع

٧ — اذا احتيج لعمل طبقة سميكة من المونة المقـــذوفة فيصير تسليحها بشبكة حديدية (Steel Mesh)

مواصفات للمونة المقذوفة

١ — المونة المقذوفة عبارة عن مونة تخلط من الرمل والاسمنت خلطا جافا جيداً بالنسب التى تناسب حالة العمل وتقذف بواسطة مدفع المونة بالهواء المضغوط

٢ — ويجب أن يستعمل اسمنت بورتلندى من نوع معتمد

٣ — أما الرمال فيجب أن تكون نظيفة ومحددة وخالية بقدر المستطاع من الطين والطمى والطين الرملى وأن يكون الرمل مدرجا فى أحجامه وأن يحوى الرطوبة العادية التى بالرمال والتى تبلغ نحو ٣٪ ويجب أن يهز الرمل قبل وضعه فى المدفع وأن يستبعد كل ما زاد فى الحجم عن ١ سم

٣ — يجب أن لا يكون ضغط الهواء فى المدفع أقل من ٣٠ رطل على البوصة المربعة

٤ — يجب أن يكون الماء المستعمل للاتحاد مع المونة الجافة عند الفوهة نظيفاً وخاليا من كل المواد التى قد تؤثر على شك الاسمنت أو قوته ويجب

أن يكون تحت ضغط ٦٠ رطل على البوصة المربعة باستمرار أو تحت ضغط اكبر بمقدار ١٥٪ من ضغط الهواء المستعمل للمدفع

٥ — يجب أن يكون اتجاه القذف عموديا على السطح بقدر المستطاع

٦ — يجب أن تبل المونة على السطح الذى قذفت عليه لمدة أربعة أيام على الأقل

الكحلة — كل ما استعمل فى البياض يستعمل فى الكحلة ايضاً واستعمل فى مصلحة المجارى الرئيسية مخلوط من الزفت والقار والقطران بنسب ٦٠٪ الى ٣٥٪ الى ٥٪ ولكن وجد انها لا تتماسك مع مواد البناء بالرغم من قلفطتها قلفطة محكمة وان ماء الرشح قد اثر عليها وطردها خارج اللحامات

خلط الخرسانة

وكل المواد التى استعملت فى المونة استعملت أيضاً فى عمل الخرسانة نفسها ولكن وجد أن كل مايضاف الى الخرسانة خلاف الاسمنت والرمل والماء يضعف من قوة تحملها

وقد استعمل فى خلط الخرسانة أيضا قليل من الطمى على اعتبار انه يملأ الفجوات نظراً لنعومة ذراته ولكن وجد أنه يضعف من قوة الخرسانة كما استعمل أيضا فى خلط الخرسانة الجير المائى ولكن تفضله زيادة نسبة الاسمنت لأن وجود الجير بنسبة اكثر من اللازم يضعف الخرسانة

وقد تضاف بعض المواد لا لغرض ملء المسام ولكن للاتحاد مع الاملاح التى بالخرسانة واحداث تفاعل كيمائى يتولد عنه مركبات غير قابلة للذوبان فى الماء .

تغطية اوجه الحوائط بالأقمشة — تستعمل الاقمشة المشبعة بالزفت او المطاط المشبع بالزفت او الاسفلت ولضمان منع الماء يستعمل من ثلاثة الى خمسة طبقات من هذه الاقمشة او من المطاط

ويكون استعمالها اما على السطح الداخلى أو الخارجى أو فى وسط الحائط كما يستعمل ايضا الواح من الرصاص أو النحاس او المعادن الاخرى التى

لا تصدأ ويجب العناية بتثبيب الاقمشة او المطاط على السطح ولهذه الطريقة فوائد جمة فباستعمالها تغطى جميع الفجوات التى قد تنشأ عن رداءة صناعة البناء كما انها تغطى المسام التى توجد عادة بالخرسانة وفضلا عن ذلك فأن خاصية المرونة التى بالاقمشة والمطاط تمنع حدوث فواصل بها عند مايحدث بالخرسانة شروخ صغيرة وبذلك تصبح كوقاية لهذه الشروخ وتمنع رشح الماء منها وكذا فى حالة الشروخ التى تحدث بالمونة او بالمبانى

اما اذا كانت الشروخ كبيرة فأن هذه الطريقة تصبح فاشلة لان نفس القماش او المطاط يحدث به شروخ

وتوضع الاقمشة او المطاط على الارضية والحوائط اثناء البناء

ولكن وجود هذه الاقمشة المقطرنة اوالمطاط على الارضية بين الاساس والحائط قد يقلل من تماسك الحائط مع الاساس ويجعل الحائط عرضة للانزلاق وعليه يجب الاحتياط لذلك بتعشيق الحائط بالاساس وملاحظة ان يكون ثقل الحائط كافيا لمقاومة الانزلاق

الدهان

الدهان — من المواد المستعملة لدهان المبانى الافرسيل وهو مادة بيتومينية ويستعمل لدهان الخرسانة سليكات السوداو سليكات المجنزياو تأثيرها يكون باتحادها مع الجير الموجود بالخرسانة لعمل بطانة غير قابلة للذوبان وهذه المواد تنجح الا ان عمرها قصير وتحتاج لصيانة وتجديد من آن لآخر

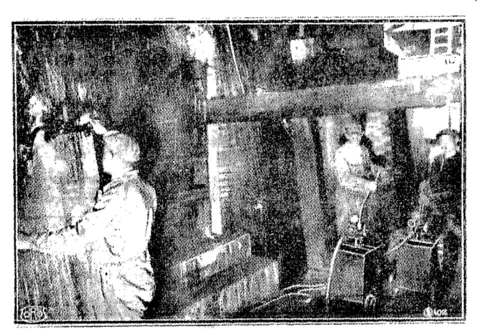
وقد استعمل بنجاح مخلوط الاناپوليس (Anapolis Mix) وهو مخلوط من الاسمنت البورتلندى والفحم والقار والكريوسين وكان استعماله على الاسطح الخارجية للحوائط

وقد جرب زيت البرافين فى حالة سائل بقذفه تحت ضغط لملء جميع المسام ثم عملت طهارة منـــه وهذه يجب أن تجدد من آن لآخر وفى كل حالات الدهان يجب تخشين الوجه وازالة المبانى التالفة والاستعاضة عنها بأخرى فى حالة جيدة

الحقـــن

الحقن — يستعمل الحقن بالمواد الكيماوية المضغوطة داخل مواسير تترك في البناء لغرض ملء الفجوات وجعلها كتلة واحدة

ويكون الحقن بواسطة سائلين في حوضين منفصلين ١ ، ٢ وكل حوض مجهز بمكبس لضغط السائل وبخرطوم لخروج السائل من الحوض والخرطومين يتحدان عند نهايتيهما بمشترك ويوضع هذا المشترك داخل الماسورة الموضوعة في البناء فعند اتحاد السائلين يحدث تفاعل كيمائي ينشأ عنه تجمد السائلين بين مسام البناء والشكل ١٦٩ يبين هذه الاجهزة

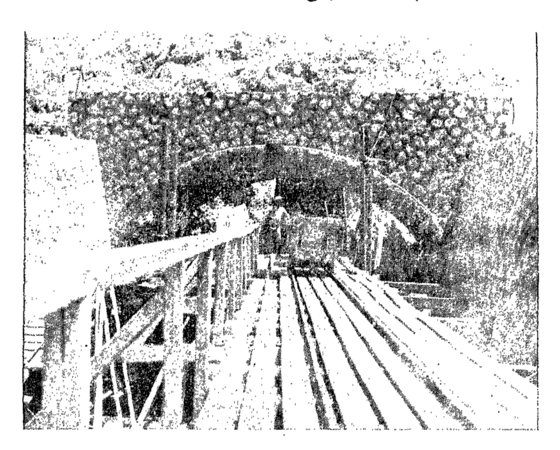


السائل (١)　　السائل (٢)　　شكل ١٦٩

كما انه يستعمل الحقن بالاسمنت اللباني الصافي المضغوط بواسطة طلمبات كابسة او بواسطة خزان يملأ بالاسمنت اللباني ويسلط عليـــه الهواء المضغوط

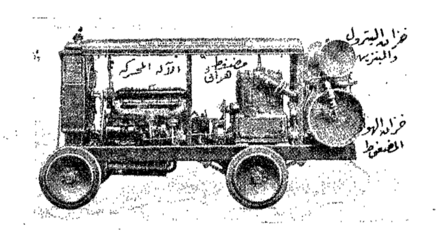
وقد استعملت هذة الطريقه في نفق الاحايوة لملء فجوات البناء الذى عمل بالدقشوم والمونة بين أعلا عقد البطانة وسطح التل فتركت مواسير داخل العقد وبعد بناء الدقشوم الذى فوق العقد استعمل الحقن باللباني تحت تأثير

الهواء المضغوط والشكل ١٧٠ يبين نفق الاحايوة والبناء بالدقشوم الذى فوق العقد والذى حقن بالاسمنت اللبانى



شكل ١٧٠

المضاغط الهوائية ـ تكون اما متنقلة أو ثابتة والشكل ١٧١ يبين مضغطا هوائيا متنقلا

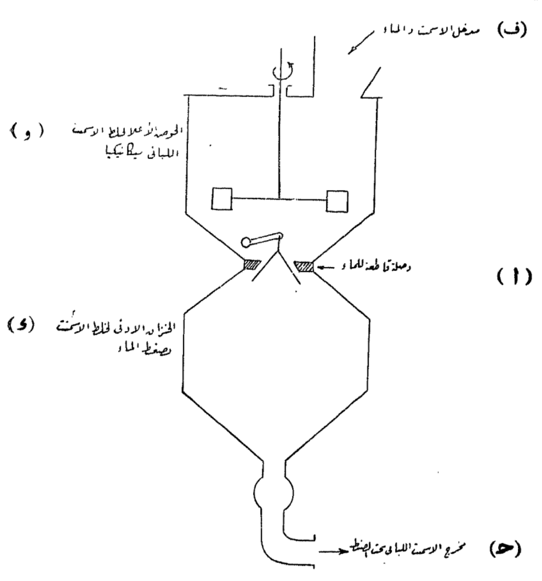


شكل ١٧

وهو عبارة عن عربة تحمل آلة محركة من نوع الات السيارات ومضغط هوائى والعربة مجهزة بخزانين أحدهما مقسم الى قسمين للبترول والبنزين والثانى للهواء المضغوط

الحقن بالجهاز ذى الحوضين

ويعمل الحقن أيضا بواسطة جهاز الحقن ذى الحوضين والمبين فى الشكل ١٧٢ والصورة الفوتوغرافية ١٧٣ فيوضع الأسمنت والماء داخل الفتحة العليا (ف) ويخلط ميكانيكيا فى الحوض الاعلا (و)



شكل ١٧٠

ثم يفتح البلف (ا) القاطع للماء فتندفع المونة اللبانى الى الحوض (ى) حيث يسلط الهواء المضغوط من البلف (ب) فتندفع المونة الى المخرج (ح) حيث تكون صالحة للاستعمال بعد خلطها ميكانيكيا وبواسطة الهواء المضغوط وطريقة الحقن بالاسمنت اللبانى ناجعة وتجعل قوة الخرسانة اكبر

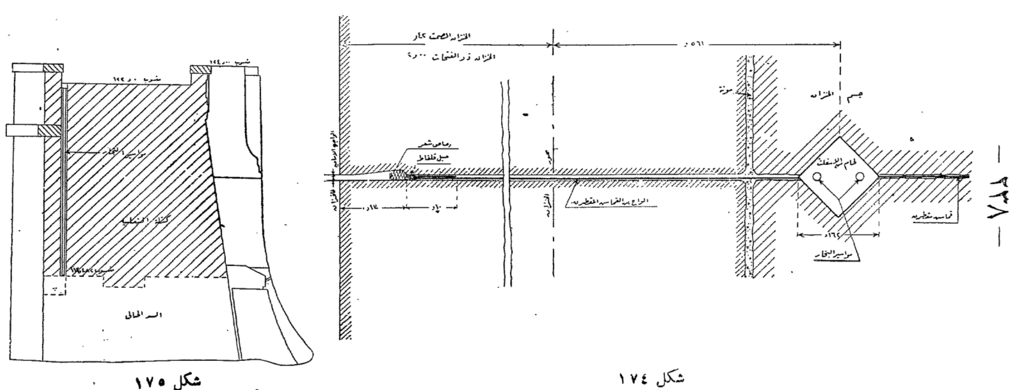
صرف المنطقة — ولتقليل تأثير فعل ميـــاه الرشح أو منعه يحسن عند التأسيس فى منطقة مشبعة بالماء عمل مصارف من الفخار الحجرى وعدم لحام وصلاتها لصرف المياه بعيدا عن موقع العمل



شكل ١٧٣

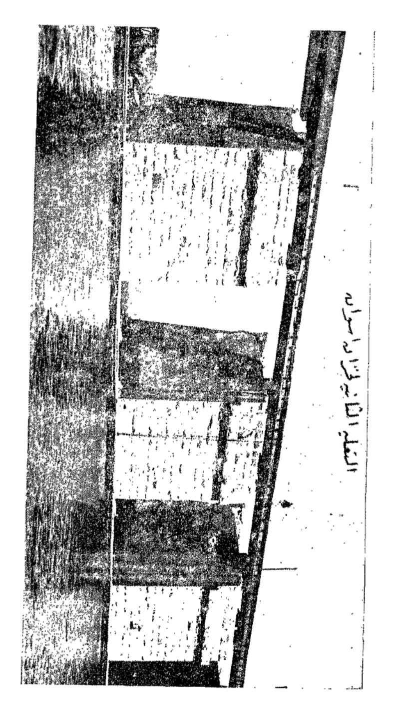
طرق الوقاية المركبة

نسوق على سبيل المثال ماعمل فى التعلية الثانية لخزان اسوان فانه لما كان من الضرورى أن يراعى فى التعلية الثانية لسد اسوان ماقد ينشأعن اختلاف درجات الحرارة من احداث شروخ فى مبانى التعلية فقد قسمت التعلية الى كتل طول كل منها سبعة أمتار وصار فصل كل كتلة عن الاخرى بفاصل للتمدد وبهذا التقسيم يكون هناك متسع للتمدد والتقلص فى جسم البناء دون حدوث شروخ به .



شكل ١٧٤
مسقط أفقى يبين لحام الاسفلت وألواح القماش المقطرن بفواصل التمدد فى تعلية خزان اسوان

شكل ١٧٥
قطاع رأسى لخزان اسوان يبين فواصل التمدد



شكل ١٧٦

ولمنع تسرب المياه من فواصل التمدد صار تجهيز كل فاصل بلحام من الأسفلت (Asphalt Key) وذلك بأن وضعت فرم من الخشب على شكل لحام الأسفلت فى مبانى التعلية كما هو مبين بالرسم رقم ١٧٤ و ١٧٥ وبعد اتمام هذه المبانى كانت تزال فرم الخشب هذه ويملأ محلها بالأسفلت الذى كان يصهر بتمرير بخار الماء داخل أنابيب قطر نصف بوصة كانت توضع بفواصل التمدد .

والطريقة التى اتبعت فى البناء هى انه لم يبدأ بالبناء بالتعلية فى طول الخزان دفعة واحدة بل بدىء العمل فى بعض الكتل وترك البعض الآخر بحيث أن الكتل التى بدىء فيها كانت محاطة بفراغ فى مكان الكتلتين المجاورتين كما هو مبين بالصورة الفوتوغرافية رقم ١٧٦ وبعد أن تمت الكتل التى بدىء فى بنائها صار البدىء فى الكتل الباقية مع ترك فواصل التمدد ووضع ألواح من القماش المقطرن فيما بين الكتل فى كل عرض الخزان ما عــدا الجزء الامامى بطول ١٣سم فانه صار ملئه برصاص شعر قلفط جيدا كما هو مبين بالرسم ووضع بين ألواح القماش المقطرن والرصاص الشعر حبل قلفاط من التيل

ويلاحظ انه صار ثنى الالواح القماش عند نهايتها الامامية ووجود الالواح القماش يساعد على حجز الاسفلت من الانبشــاق بتأثير الجاذبية والعوامل الجوية وعلى أى حال فأن الاسفلت يحتاج الى صيانة كلما دعت الحالة

الباب العاشر

الخوازيق

تستعمل الخوازيق فى التربه التى لاتصلح لانشاء أساسات منتشرة عليها كما هو الحال فى التربة الرخوة التى قوة تحملها صغيرة لاتقوى معها على مقاومة الجهود الناشئة من الاحمال الواقعة عليها

وتستعمل الخوازيق التى تدق فى التربة للاغراض الآتية

١ — خوازيق قصيرة تدق فى التربة الرخوة لغرض ادماجها وضغطها لزيادة قوة تحملها

٢ — خوازيق تدق الى طبقة صخرية صماء أو طبقة ذات قوة تحمل كبيرة لنقل الحمل اليها

٣ — خوازيق تدق الى أعماق كبيرة وليس من الضرورى الوصول الى طبقة صخرية صماء أو الى طبقة ذات قوة تحمل كبيرة وهذا النوع من الخوازيق يحمل مافوقه من الاحمال بمقاومة الاحتكاك الجانبى الذى بين جسم الخازوق والتربة المحيطة ويتوقف مقدار الاحتكاك على قطاع الخازوق والطول المدفون منـــه فى التربة

وليس مقدار الاحتكاك وحده هو الذى يحدد مقدار الحمل الذى يحمله الخازوق بل يجب أن لا يزيد الحمل عن المقدار الذى يولد جهودا لا تقوى المادة المصنوع منها الخازوق على تحملها وتعمل هذه الخوازيق عادة من قطاع ٦ً × ٦ً

وفى حالة مايخترق الخازوق طبقات رخوة الى أن يصل الى طبقة صلبة أو صخرية صماء فأن مساعدة الاحتكاك فى مقاومة الحمل تـكون ضئيلة نسبيا ويصمم الخازوق على اعتبار انه عامود محمل بما عليه من الضغوط ولذا يكون قطاع الخازوق اكبر ممـا لو كان معتمدا على مقاومة الاحتكاك فقط وقد يصل قطاع الخازوق الى ١٠ً × ١٠ً وفى كلتا الحالتين تسمى الخوازيق بالخوازيق الحاملة

(Bearing Piles) وهو اسم يطلق على كل خازوق يحمل مافوقه سواء بمقاومة الاحتكاك فقط أو بمقاومة الاحتكاك وتخير التربة الصلبة التي يرتكز عليها

وتعمل الخوازيق عادة من الخشب أو من الخرسانة العادية أو الخرسانة المسلحة أو من الحديد المشغول أو الصلب أو الرمال وفى بعض الاحيان تكون الخوازيق من مادتين معا كالخوازيق الخرسانية المغلفة بغلاف من الصلب

وخوازيق الرمال توضع فى ثقوب تعمل فى التربة بدكها بواسطة آلات خاصة ثم تملأ هذه الثقوب بالرمال الحرشة النظيفة والغرض منها ادماج التربة وزيادة قوة تحملها

طريقة دق الخوازيق

تدق الخوازيق بوجه عام داخل التربة اما بمطرقة تشغل باليد أو بالخيل أو بآلة بخارية فترفع المطرقة الى أعلا ثم تترك لتسقط بالجاذبية وهذا النوع من المطارق يسمى مطارق السقطة (Drop Hammers) .

وتستعمل مطارق تشغل بالبخار تكون مجهزة باسطوانة ومكبس (Cylinder & Piston) وهذه المطارق على نوعين نوع يرفع الى أعلا بضغط البخار ثم يسقط بالجاذبية ويسمى مطارق البخار المفرد الأثر (Single Acting Steam Hammers) ونوع يرفع الى أعلا بضغط البخار ثم يساعد البخار أيضا فى انزال المطرقة ويسمى مطارق البخار المزدوج الاثر (Double Acting Steam Hammers)

الخوازيق المصنوعة من الخشب

يجب أن يكون الخازوق من خشب سليم خال من العقد بقدر المستطاع ذا قطاع وطول ملائمين للغرض الذى يستعمل له ونظرا لصعوبة الحصول على خوازيق خشبية تامة الاستقامة فقد يسمح بانحراف بسيط مقداره (١٪) من طول الخازوق ولما كانت الاخشاب عادة مسلوبة كما هى فى حالتها الطبيعية فأن الخازوق يدق عادة بقطاعه الاكبر عند الرأس وقطاعه الاصغر

عند القدم ولكن فى بعض الحالات يدق بقطاعه الاكبر عند القدم أما قشور الخشب فأن كانت متماسكة جيدا مع جسم الشجرة وبحالة جيدة فيحسن عدم ازالتها لان بقاءها ما يساعد على زيادة قوة تحمل الخازوق فضلا عن أنها تكون وقاية للخازوق نفسه من العوامل الجوية ان كان سيعرض لها جزء من الخازوق

أما اذا كانت القشور بحالة تلف وليست متماسكة جيداً مع جسم الشجرة فيحسن ازالتها لانها تنفصل عن الخازوق اثناء الدق

وفى بعض الحالات التى دقت فيها الخوازيق بقشورها ثم ازيلت هذه الخوازيق بعد ثلاثين سنة اتضح أنه نظراً لكبر مقدار الاحتكاك بين القشور والتربة لم تنزع القشور مع جسم الخازوق بل بقيت مدفونة فى التربة وأزيل الخازوق عاريا عنها

وفى حالات كثيرة يعمل الخازوق فى كامل طوله بقطاع منتظم ذى مسطح واحد وأبعاد واحدة ويكون مربع الشكل أو مستديرا ويختلف طول الخازوق تبعا لنوع التربة التى يدق فيها وللاحمال التى عليه

وتوضع الخوازيق فى المسقط الافقى على طريقتين فأما أن توضع على صفوف بحيث تكون المسافات التى بين الصفوف متساوية وكذا المسافات التى بين الخوازيق المكونة لصف واحد بحيث انه اذا وصلت محاور اربعة خوازيق متجاورة فانه يتكون عنها مربعا

وأما أن تكون على صفوف بحيث تكون المسافات التى بين الصفوف متساوية وبحيث تكون الخوازيق التى فى أحد الصفوف واقعة فى الفراغ الذى بين الخوازيق المكونة للصفين المجاورين لهذا الصف وبذلك يكون كل صفين متجاورين غير متماثلين

عملية انزال الخوازيق Pile Driving

تدق الخوازيق كما سبق ان بينا أما بواسطة مطارق السقطة وأما بواسطة مطارق البخار

ففى مطارق البخار المفرد الأثر ترفع المطرقة مسافة قصيرة بواسطة ضغط

البخار ثم تسقط بالجاذبية وبذلك يزداد عدد ضربات المطرقة كثيرا

وفى مطارق البخار المزدوج الأثر يضغط البخار أيضا على المطرقة أثناء سقوطها بالجاذبية

وأحدث الطرق لانزال الخوازيق عند ماتسمح طبيعة التربة باستعمالها هى انزال الخازوق باستعمال النافورة المائيـــة (Water Jet) وقد تستعمل النافورة المائية وحدها فى انزال الخازوق ثم يدق عليه عددا قليل من الدقات بواسطة المطرقة لتثبيت قدمه فى التربة كما أنه قد تستعمل النافورة المائية أثناء الدق على الخازوق للمساعدة فى انزاله فقط كما أنه تستعمل النافورة المائية وتوضع المطرقة فوق رأس الخازوق كحمل ثابت للمساعدة فى انزاله

والنافورة المـــائية تنقل ماءا دافقا من مضخة (Force Pump) الى التربة تحت قدم الخازوق وحوله فتكسحها الى أعلا وفى الوقت نفسه تقلل مقدار الاحتكاك بين جسم الخازوق والتربة المحيطة فينتج عن ذلك سرعة انزال الخازوق اذ يسقط فى الفراغ الذى تحدثه النافورة تحت قدمه فيحتله ويحصل ذلك بسهولة نظرا لصغر مقـــدار الاحتكاك حول الخازوق بفعل النافورة ويساعد فى ذلك ثقل الخازوق نفسه وثقل المطرقة ان كانت موضوعة فوق رأسه أو ضرباتها

نظرية دق الخوازيق

لتقريب مايحدث أثناء دق الخوازيق الى الافهام سنشرح فيما يلى باسهاب كاف عملية دق خازوق من الخشب فى وضع رأسى بواسطة مطرقة تشغل باليد يبدأ برفع الخازوق بواسطة الآلة الرافعة (ونش) المجهزة به آلة الدق (Pile Driver) ويوضـــع الخازوق بين الدليلين الرأسيين فى آلة الدق (Leads) ليتخذ وضعا رأسيا وليكون فى مسار المطرقة وذلك لأن المطرقة تتحرك بين الدليلين ثم ينزل الخازوق الى ان يرتكز قدمه على سطح الارض ثم تسقط المطرقة على رأس الخازوق ثم ترفع وتسقط ثانية وهكذا الى أن يصل قدم الخازوق الى المنسوب المراد دقه اليه واثناء سقوط المطرقة

تزداد سرعتها بالعجلة Acceleration التى تكسبها أثناء سقوطها الى اللحظة التى يهبط فيها الخازوق والمندالة مع جسم من التربة التى تحت قدم الخازوق والمحيطة به وعندما تضرب المطرقة رأس الخازوق تحدث ضغطا على الخازوق يزداد من لاشيء الى المقدار الذى يبدأ عنده الخازوق والمطرقة بالهبوط معا ويستمر هذا الضغط الى أن يقف هبوطهما وتكون سرعتهما اذ ذاك صفرا وذلك بسبب مقاومة التربة لاختراق الخازوق والشغل (Work) الذى يحـــدث من سقوط المطرقة يستهلك جزء منه فى مكافحة الاحتكاك وفى الضغط على كل من الخازوق والمطرقـة وفى محاولة اتلاف رأس الخازوق وتوليـد حرارة فيها والجزء الباقى من الشغل هو مايسبب اختراق الخازوق للتربة ووجد من نتيجة تجارب عملت باجهزه خاصة لمقاس مقدار هبوط الخازوق والوقت الذى يستغرقه فى هذا الهبوط وسرعـة المطرقـة عنـد ماتضرب رأس الخازوق والسرعة التى يهبط بها الخازوق ومقدار الضغط الحادث على رأس الخازوق من كل ضربة أن مقـدار الاخـتراق يختلف تبعا لمربع الوقت وان مقدار القوة المؤثرة على الخازوق يبقى ثابتا من ابتداء هبوط الخازوق والمندالة معاً الى أن يقف هبوطهما ومن ذلك يتضح أن المطرقة والخازوق يكونان متصلين طول مدة هبوطهما

ومن نتائج اختبارات أخرى عملت على خوازيق ليست محددة الاقدام وفى أنواع مختلفة من التربة وجد انه يتكون جسم من التربة تحت قدم الخازوق على شكل مخروط يدفع تحتها ويهبط معها بينما تظهر اسطح منحنية فى التربة بسبب دفعها جانبيا وانضغاطها بواسطة جسم الخازوق

ومدى هبوط الخازوق أو اختراقه للتربة يتوقف على مقدار قابلية التربة للانضغاط

ووجـد أنه غالبـا ما يرتد جزء من التربة المحيطة بسبب انضغاطها بفعل الخازوق وهذا يدل على أن قوة تحمل الخازوق تتوقف على مقاومة التربة التى يخترقها

وفى اكثر الحالات تزداد مقاومة التربة كلما ازداد العمق وتـكون مقادير

زيادة مقاومة التربة مختلفة فى المقدار تبعا لانواع طبقات التربة وعلى ذلك فقوة تحمل الخازوق تتوقف على العمق الذى ينزله جسم الخازوق فى التربة

وفى حالة مايعتمد الخازوق على المقاومة بالاحتكاك فقط فان الجهود تنقل بواسطة الخازوق الى طبقة عميقة من التربة على شكل يشبه المخروط (Connoid) ويمر بالطبقات التى تعلوها

أما فى حالة مايدق الخازوق الى طبقة صلبة أو صخرية صماء فأنه يسخر تلك الطبقة فى حمل الأحمال الواقعة عليه ويكون أكبر جزء من الاحمال واقع عليها

وفى الحالتين السابق ذكرهما يكون للخازوق التأثيرين معا فهو ينقل الجهود الى التربة التى تحته فتقاوم جزءا من الاحمال يختلف مقداره تبعا لقوة تحملها بينما يقاوم الجزء الآخر بالاحتكاك الناشىء بين جسم الخازوق والتربة المحيطة

ازدياد قوة تحمل التربة تبعا للعمق

ان قوة تحمل أى تربة تزداد كلما زاد العمق فاذا كانت قوة تحمل التربة عند سطح الارض أو عند منسوب أساسى (Datum Line)هى $ص_١$

وعلى عمق ع مترهى $ص_ع$ وهذه تساوى $ص_١$ + القوة التى اكتسبتها

وتعزى القوة التى تكتسبها التربة والتى تزيد فى مقاومتها الى سببين الأول انضغاطها بالتربة التى فوقها والثانى الاحتكاك حول جوانب الاساس

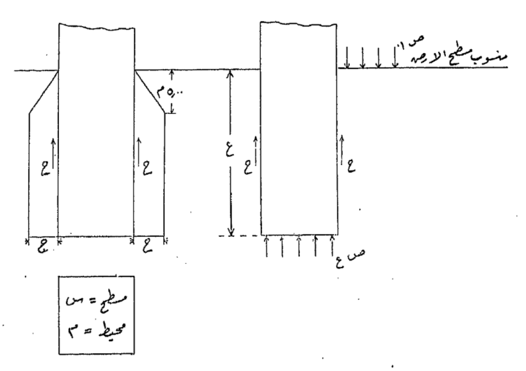
فاذا فرضنا المقدار $ص_٢$ هو الاضافة الى قوة تحمل التربة بسبب انضغاطها بالتربة التى تعلوها فان $ص_٢ = ن . ع$ اذا كان ن الثقل النوعى للتربة التى تعلو الطبقة موضوع البحث أو بعبارة أخرى مساو لثقل التربة بما فيها من ماء فى العمق ع على وحدة السطوح

وكان المقدار $ص_ع$ هو الاضافة بسبب الاحتكاك

فان $ص_ع = ص_١ + ص_٢ + ص_ع$

فاذا كانت قوة تحمل التربة عند سطح الارض او عند المنسوب الاساسى هى $ص_١$ على وحدة السطوح فان قوة تحملها على عمق ع تكون (ص + ن . ع) على وحدة السطوح

أما الاحتكاك الجانبي فناشئ عن ضغط التربة Earth Pressure حول جسم الاساس وقد يسبق الى الذهن أنه يزداد كلما زاد العمق الا أن الاختبارات دلت على أنه يزداد تبعاً للعمق لغاية عمق ٥ متر فقط ثم يكون ثابتا فى المقدار انظر الشكل ١٧٧



شكل ١٧٧

فاذا فرضنا أن ح هى مقدار أقصى احتكاك على وحدة السطوح وهى التى تحرزها التربة على عمق ٥ متر من سطح الارض

وكان م = محيط الأساس داخل التربة

س = مسطح قطاع الخازوق

فان مقدار الاحتكاك على جوانب الأساس

$$\text{ح}_{\text{م}} = \text{م}\,(\text{ع} - ٥)\,.\,\text{ح} + \text{م}\,.\,\text{ح} \times \frac{٥}{٢}$$

$$= \text{م}\,.\,\text{ح}\,(\text{ع} - ٢{,}٥)$$

فاذا قيست قوة الاحتكاك هذه بنسبة وحدة السطوح فان

$$\frac{\text{ح}_{\text{م}}}{\text{س}} = \frac{\text{م}\,.\,\text{ح}\,(\text{ع} - ٢{,}٥)}{\text{س}}$$

وهذا المقدار يقلل الحمل المنقول الى الطبقة المسخرة وبذلك يزيد فى قوة تحمل التربة

مما تقدم يكون

$$\text{ص}_{\text{ع}} = \text{ص}_{١} + \text{ن.ع} + \frac{\text{م.ح}\ (\text{ع} - ٢ر٥)}{\text{س}}$$

ولا تستعمل الاضافة الخاصة بالاحتكاك إلا فى الحالات التى تكون فيها التربة رخوة ونزاعة الى الحركة والهبوط أما اذا كان الخازوق يرتكز على طبقة صخرية صماء مثلا فلا يحسب أن الاحتكاك يضيف شيئا الى قوة تحمل التربة

والعمق ع الذى يجب ادخاله ضمن حساب قوة تحمل التربة على عمق ما يكون أقل من هذا العمق من سطح الأرض نظراً لتعرض سطح الارض لعوامل كثيرة كالعوامل الجوية وعوامل الماء فقد يحدث نحراً بها ويستعمل نفس القانون لمعرفة أصغر عمـــق توضع عليه الأساسات التى تكون على أعماق أكبر من ٥ أمتار

وباستعمال هذا القانون يهمل ثقل الخازوق نفسه ولكن يعوض ذلك أن $\text{ص}_{٣}$ التى هى مجموع ($\text{ص}_{١} + \text{ن.ع}$) وعبارة عن قوة تحمل التربة عند قدم الخازوق تعتبر كأنها قوة تحمل الخازوق عند رأسه

$$\text{ص}_{\text{ع}} = \text{ص}_{٣} \times \text{س} + \text{م.ح}\,(\text{ع} - ٢ر٥)$$

واستعمال هذا القانون يستدعى معرفة المقدار (ع) ويمكن الوصول الى معرفته بكشف التربة بواسطة حفر الاختبار أو بواسطة تجارب التحميل على خوازيق الاختبار ومتى أمكن معرفة المقدار ع

فانه يمكن استخراج ع أو س من القانون السابق اذا كان مقدار ص الحمل الواقع على الخازوق معروفا وإلا فتستعمل قوانين أخرى سيرد شرحها فيما بعد

وفيما يلى كشف يبين أنواع التربة المختلفة ومقادير الاحتكاك بينها وبين أنواع المواد الأخرى من نتائج تجارب

نوع التربة	مادة الاساس	ع طن/م٢
الرمل والحصا	خشب خشن	٣٫٠٠
	حديد زهر	١٫٥٠
	الواح حديدية فيها برشام	٢٫٥٠
	مبانى بالدبش	٣٫٠٠
	خرسانة غير مبيضة (خشنة)	٢٫٥٠
	خرسانة مبيضة (ناعمة)	١٫٥٠
الطين والطين المخلوط	خشب خشن	٢٫٠٠
	حديد زهر	١٫٢٠
	الواح حديدية فيها برشام	١٫٥٠
	مبانى بالدبش	٢٫٥٠
	خرسانة غير مبيضة (خشنة)	١٫٥٠
	خرسانة ناعمة	١٫٢٠
طمى	خرسانة خشنة	من ١٫٠٠ الى ١٫٥٠

قوانين أخرى لحساب قوة تحمل الخوازيق

القوانين الأخرى التى تستعمل لحساب قوة تحمل الخوازيق المقاومة بالاحتكاك مبنية كلها على المشاهدات والبيانات التى يحصل عليها المهندس أثناء دق خوازيق الاختبار وسنورد هنا قوانين قوة تحمل الخوازيق بالمعيار الانجليزى القدم والرطل حيث انها تستعمل للخوازيق الخرسانية والخشبية وحيث أن ابعاد الخشب فى السوق هى بالقدم فتسهيلا للمهندس ولامكان حصوله على ابعاد الخوازيق دون كبير عناء سنستعمل المعيار الانجليزى British Standard

وسنشرح فيما يلى النظريات التى بنيت عليها هذه القوانين والنقص الذى فيها مما يؤدى دائما الى حدوث اختلافات كبيرة بين النتائج التى يحصل عليها المهندس فى تصميم الخوازيق بقانونين أو أكثر من هذه القوانين

قانون جودريخ — قد توصل جودريخ بعد دراسة عميقة ومشاهدات واختبارات جمة لوضع القانون الآتى اذا كانت

خ = مسافة الاختراق لدقة واحدة من المطرقة

$\text{ل}_{١}$ = انكماش طول الخازوق بسبب الضغط المولد فيه والناشىء من ضربات المطرقة

ن = ثقل المطرقة

ع = مقدار السقطة للمطرقة (مطرقة السقطة)

$\text{ه} = \frac{\text{ن}}{\text{ن} + \text{ن}_{١} + \text{ن}_{٢}}$

$\text{ن}_{١}$ = ثقل الخازوق

$\text{ن}_{٢}$ = ثقل التربة التى تحت قدم الخازوق والتى تتحرك معه

$\text{م} = \frac{\text{س}_{١}}{\text{س}}$

$\text{س}_{١}$ = الشغل الذى يستهلك فى اتلاف رأس الخازوق ورفع درجة حرارته

س = مجموع الشغل الحادث من سقوط المطرقة يستنزل منه ما يفقد قبل ضرب المطرقة لرأس الخازوق

ث = ثابت مقـــداره (١٫١٥) وذلك لان سرعة المطرقة المقيدة أثناء سقوطها تستخرج من القانون

$\text{س}^{٢}$ = ١٫١٥ ى . ع ٢ اذا كانت

ى = الجاذبية بدلا من

$\text{س}^{٢}$ = ٢ ى . ع فى حالة السقطة الحرة (Free) أى التى تكون المطرقة فيها غير مربوطة فباعتبار

ص = قوة تحمل خازوق من الخشب معرض لضربات مطرقة سقطة مقيدة فقانون جودريخ هو

$$\text{ص} = -\frac{\text{خ}}{\text{ل}_{١}} + \frac{١}{\text{ل}_{١}}\sqrt{(\text{خ})^{٢} + ١٫١٥\,\text{ل}_{١} \cdot \text{ن} \cdot \text{ع}\,(\text{ه} - \text{م})}$$

وقد وجد من جملة اختبارات أن م لا تزيد عن ٥ ٪ الا نادرا وغالبا تكون حوالى٢ ٪ للخوازيق السليمة والتى تدق بحالة ملائمة ولكن وجد أن هذا القانون لا يمكن استعماله الا بقيود صعبة يجب ان تراعى أثناء دق الخازوق والا فأن النتيجة تكون خاطئة نحو ٥٠ ٪.

وتتلخص الشروط التى يجب توفرها لاستعمال هذا القانون فى انه يجب أن يكون الخازوق سليما وأن يدق بحالة ملائمة وان يكون وزنه أصغر قليلا من وزن المطرقة وان يكون مقدار السقطة لا يقل كثيراً عن ١٥ قدم وأن يتسبب عنها اختراق عند درجة الامتناع مقداره حوالى بوصة واحدة لضربة واحدة من المطرقة.

وهذه القيود اضطرته لادخال بعض تعديلات والاستعاضة بارقام لبعض الرموز فأصبح القانون

$$ص = \frac{ع \cdot و \cdot ١٠}{خ + ٣}$$

وفيها ع بالقدم = مقدار السقطة المقيدة بحبل الآلة الرافعة

ص بالرطل = اقصى مقدار لتحمل الخازوق بعد دقه مباشرة

و بالرطل = ثقل مطرقة السقطة

خ بالبوصة = مقدار الاختراق النهائى لكل ضربة من ضربات المطرقة وجود ريخ أوصى باستعمال سقطة مقدارها ١٥ قدم عند عمل تجارب لمعرفة قوة تحمل الخوازيق لاسباب لخصها فيما يلى

١ — الارتفاع ١٥ قدم للسقطة يتسبب عنه اختراق محسوس بكل انواع مطارق السقطة ما عدا الخفيفة جداً أو فى حالة ما يكون الدق فى تربة عاصية

٢ — ان مقدار الاختراق لا يكون كبيرا الا فى حالات استعمال مطارق ثقيلة جدا او فى حالات الدق فى تربة مطاوعه

٣ — ان ارتفاع جميع آلات الدق كاف لسقطة مقدارها ١٥ قدم

٤ — أن فاقد الطاقة Loss of Energy يكون صغيرا نسبيا عند استعمال

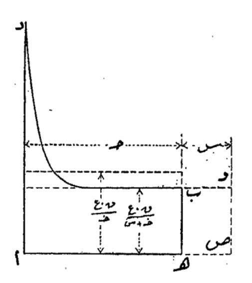
سقطة مقدارها ١٥ قدم

قانون (ولنجتون) — قد بنى ولنجتون قانونه على ما يأتى

الشغل الذى يحدث من سقوط مطرقة ثقلها و لمسافة ع هو و.ع

الشغل المفيد والناشىء عن سقوط المطرقة هو عبارة عن مقاومة الخازوق او قوة تحمله مضروبا فى مقدار الاختراق لآخر ضربة من المطرقة والجودة (Efficiency) هى حاصل قسمة الاخير على الأول وتختلف الجودة أيضا تبعا لنسبة الشغل الفاقد

فاذا كان و.ع هو الشغل الحادث بسبب سقوط المطرقة فأن جزءا كبيرا منه يفقد فى التغلب على المقاومة الاولية التى تحدث لاختراق الخازوق للتربة ولكن سرعان ماتقل هذه المقاومة عندما يبتدىء الخازوق فى الحركة ثم تستمر هذه المقاومة منتظمة لحد ما الى أن تقف حركة الخازوق ولبيان اختلاف المقاومة فى أثناء الدق نورد الخط البيانى الذى فى الشكل ١٧٨



شكل ١٧٨

فالاحداثى ا د يبين مقدار المقاومة الاولية

والاحداثى ب هـ يبين مقدار المقاومة الأخيرة عنـــد ما يقف هبوط الخازوق ومساحة المستطيل ذى الارتفاع الأكبر تبين مقـــدار الشغل الحادث بسقوط المطرقة وارتفاع المستطيل عبارة عن معدل المقاومة و.ع / خ والمسطح المحدود بالخطوط الكاملة يساوى و.ع كسطح المستطيل

وهذا بفرض انه لم يفقد شيء من طاقة المطرقة

والاحداثى ب هـ يمثل قوه تحمل الخازوق وهـذا يساوى $\frac{\text{و} \cdot \text{ع}}{\text{خ} + \text{س}}$

وس مقدار يضاف على مقدار الاختراق ومن ذلك يتضح ان مايصرف من الطاقة فى التغلب على المقاومة الابتدائية الكبيرة المقدار مساو لما يسبب زيادة قدرها (س) فى مسافة الاختراق والمقدار (س) يختلف باختلاف نوع التربة التى يخترقها الخازوق ولكن ولنجتون اعتبر مقدارها بوصة واحدة وذلك نتيجة دراسة حثيثة واختبارات ومشاهدات عديدة

والسبب فى كبر مقدار المقاومة الأولية للاختراق هو تماسك التربة على جوانب الخازوق الناشيء عن انهيارها أثناء الفترة بين دقة وأخرى وزيادة مقدار معامل الاحتكاك فى حالة السكون أو الحركة البطيئة عنه فى حالة الحركة السريعة

وقد استخرج ولنجتون القانون الآتى

$$\text{ص} = \frac{١٢\,\text{و} \cdot \text{ع}}{\text{خ} + ١}$$

وفيه ص = قوة تحمل الخازوق بالرطل

و = ثقل المطرقة بالرطل

ع = مقدار السقطة بالقدم

خ = معدل الاختراق لعدد الدقات الأخيرة بالبوصة

وباستعمال معامل أمن مقداره (٦) اصبح القانون كما يلى :

حمل الأمن $\text{ص}_{١} = \frac{١٢\,\text{و} \cdot \text{ع}}{٦(\text{خ} + ١)} = \frac{٢\,\text{و} \cdot \text{ع}}{\text{خ} + ١}$ لمطارق السقطة

أما لمطارق البخار فان القانون عدل الى :

$$\text{ص}_{١} = \frac{٢\,\text{و} \cdot \text{ع}}{\text{خ} + ٠٫١}$$

ويوجد قوانين أخرى مبنية على نفس النظريات السابقة نضمنها الجدول الآتى :

صاحب القانون	أقصى حمل	معامل الأمن الملائم
ساندرس	$\frac{ن . ع}{خ}$	$\frac{١}{٣}$ الى $\frac{١}{٨}$
ماسون	$\frac{ن^{٢} . ع}{خ(ن+ن_{١})}$	$\frac{١}{٤}$
تروتون	$٦٠ ن \sqrt[٣]{ع}$ اذا كانت خ غير محسوسة	$\frac{١}{٣}$ الى $\frac{١}{١٢}$
تروتون	$\frac{٥ ن \sqrt[٣]{ع}}{خ+٫٠٨٣}$ اذا كانت خ محسوسة	$\frac{١}{٣}$ الى $\frac{١}{١٢}$
مكالبين	$٨٠[ن+(٠٫٢٢٨ \sqrt{ع} - ١)٢٢٤٠]$	$\frac{١}{٣}$ الى $\frac{١}{٦}$
روندليت	[٤٢٧ الى ٤٢٨ رطل / البوصة المربعة (حمل الأمن)]	$\frac{١}{٢}$ الى $\frac{١}{٣}$
رانكين وماسون	[٢٠٠ رطل / البوصة المربعة (حمل الأمن) (بفرض ان الخازوق دفن كله)]	$\frac{١}{٢}$ الى $\frac{١}{٣}$
بركس وبكر	$\frac{٤ن^{٢} . ع . ن_{١}}{خ(ن+ن_{١})^{٢}}$	$\frac{١}{٤}$ الى $\frac{١}{٦}$
ويزباخ	$\frac{ن^{٢} ع}{خ(ن+ن_{١})} + (ن+ن_{١})$ فاذا كان المقدار ($ن+ن_{١}$) صغيراً بمقارنته بحمل الأمن	$\frac{١}{١٠}$ الى $\frac{١}{٢٠٠}$
ويزباخ وماسون	$\frac{ن^{٢} . ع}{خ(ن+ن_{١})}$	$\frac{١}{١٠}$ الى $\frac{١}{٢٠٠}$
ويزباخ	$\frac{ن . ع}{خ}$	$\frac{١}{١٠}$ الى $\frac{١}{١٠٠}$
نيستروم	$\frac{ن^{٢} . ع}{خ(ن+ن_{١})^{٢}}$	$\frac{١}{٦}$
بركس وبكر	$\frac{ن^{٢} ع . ن_{١}}{خ(ن+ن_{١})^{٢}}$	$\frac{١}{٤}$ الى $\frac{١}{٦}$
ولنجتون	$\frac{١٢ . ن . ع}{خ+١}$	$\frac{١}{٦}$

وفى كل هذه القوانين و = ثقل المطرقة بالرطل

ع = مقدار السقطة بالقدم

خ = مقدار الاختراق لآخر دقة بالقدم ماعدا فى قانون ولنجتون فانها بالبوصة

و١ = ثقل الخازوق بالرطل

قوة تحمل الخوازيق التى تعمل عمل الاعمدة

فى الخوازيق التى تعمل عمل الاعمدة أى التى تدق الى طبقة صلبة وتخترقها حتى درجة الامتناع تحسب قوة تحملها من الجهود التى تتحملها مادة الخازوق نفسه ويحسب الخازوق كأنه عامود

فلنفرض أن ص١ = حمل الأمن عند رأس الخازوق

وان ضخ = جهد الضغط المسموح لمادة الخازوق على اعتبار انه عامود

س = مسطح قطاع الخازوق

فأن ص١ = ضخ × س

ويجب تقليل مقدار ضخ عن المعتاد نظرا لأن جملة عوامل تؤثر على الخازوق اثناء دقة كتعرضه للانبعاج (Buckling) والتحميل الغير مركزى (Eccentric) وخلافها

ويحسب ضخ للخشب وللخرسانة العادية من ٢٠ الى ٢٥ كجم/سم٢

« « ضخ للخرسانة المسلحة من ٣٠ الى ٣٥ كجم/سم٢

والخوازيق اذا دقت فى التربة وبرز جزء منها فوق الارض كما هو الحال فى الكبارى والبدالات (Aqueducts) مثلا فيحسن عمل أربطة مائلة لها (Bracing) وفى هذه الحالة تحلل القوى بين الخوازيق والاربطة

أما فى حالة عدم امكان عمل أربطة لانها تعيق الماء أو لاى سبب آخر فيعتبر الخازوق كانه عامود

ويعتبر الخازوق عادة كانه عامود حر عند رأسه ومثبت فى نقطة بين قدمه وسطح الارض وهذه النقطة تختلف حسب نوع التربة المدفون فيها الخازوق

ومن الفروض المقبولة أن يعتبر أن الثلث الاخير من الطبقات الرخوة (Soft) التى تعلو الطبقة الصلبة التى ترتكز عليها قدم الخازوق يساعد فى مقاومة الحركة الجانبية وهذا يجعل طول العامود كأنه من رأس الخازوق الى قاع المجرى مضافا اليه ثلثى عمق الطبقات الرخوة وقوة هذا العامود تعادل قوة عامود حر عند طرفيه وله ضعف هذا الطول وفى الغالب تنقل الخوازيق جزءا كبيرا من الاحمال الى طبقة صلبة تعلوها طبقات رخوة مطاوعة (Yielding) يسهل ضغطها جانبيا بفعل الخازوق اثناء اختراقه لها

فاذا كانت الطبقات التى تعلو الطبقة الصخرية مطاوعة لدرجة كبيرة فيصير ثقب الطبقة الصخرية الصماء وانزال قدم الخازوق فيها لتثبيته وحفظ الخازوق فى موضعه

ويجب أن يجعل قطاع الخازوق عند قدمه كبيرا بقدر المستطاع ليكون المسطح المتأثر بالحمل كافيا للمقاومة واحيانا يدق الخازوق بقطاعه الاكبر الى أسفل لهذا الغرض ويحسن عدم تحديد قدم الخازوق ما لم يرى ضرورة لذلك لغرض المساعدة على اختراق طبقة صلبة لتثبيت قدم الخازوق فيها ومنعه من الحركة الجانبية وفى حالة ماتكون الطبقة الصلبة التى يدق اليها الخازوق تعلوها طبقات رخوة جدا فتهمل المقاومة بالاحتكاك ويعتبر الخازوق كانه عامود وسبق أن بينا ضرورة تنقيص مقدار ضخ

ولما كان مقدار ضخ يختلف باختلاف نوع المادة المستعملة فى صنع الخازوق وتختلف فى الخشب حسب نوعه فاذا لم يعرف نوع الخشب وكان الخازوق فى الماء فوحدة الجهد للخشب يمكن اعتبارها ٦٠٠ رطل على البوصة المربعة ولكن نظرا لتشبعها بالماء يجب تنقيصها بالقانون الآتى لان الماء يضعف قوتها

$$ضخ_{١} = ٦٠٠ \left(١ - \frac{ل}{٦٠ ق} \right)$$

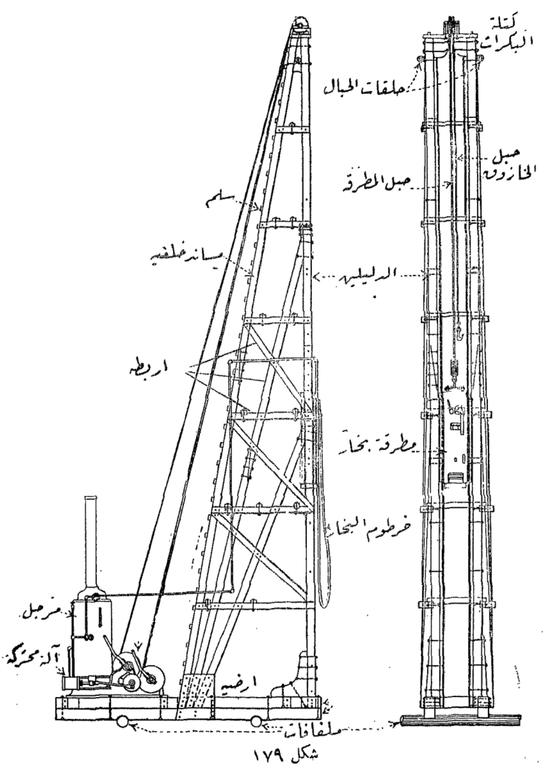
وفيها ل = الطول الحر للعامود
" ى = قطر الخازوق عند منتصف الطول الحر Unsupported length
وهذا القانون يستعمل للاعمدة التى فيها
ل = ١٥ ى الى ٣٠ى
فأذا لم تكن الخوازيق فى مياه فأن ضخ ١ تزداد بنسبة ٥٠ ٪

آلات دق الخوازيق

آلة دق الخوازيق تتكون من الدليلين (Leads) وهما عبارة عن قائمين رأسيين من الحديد أو الخشب وفى الحالة الأخيرة يثبت فى جوانبها الداخلية مجارى من الحديد وفى أعلا الدليلين تثبت البكرات(Block&Tackle) وتمر عليها الحبال التى ترفع بواسطتها المطرقة وكذا الخوازيق لاعدادها فى وضعها الرأسى بين الدليلين وفى مسار المطرقة التى تتحرك بين هذين الدليلين حتى لاتطيش ضرباتها

وتثبت القوائم فى وضعها الرأسى بواسطة مساند (Stays)مائلةالى الخلف وأربطة وشدادات (Braces & Ties) مثبتة كلها على أرضية أفقية من الخشب (Timber Platform) عند قدمى القائمين وهـذه الأرضية الخشبية يجب أن تكون ذات طول كاف بحيث يسع الآلة التى تستعمل لرفع المطرقة والخوازيق وكذا يسع المرجل (Steam Boiler) الذى يشغل الآلة الرافعة وتركب هذه الأرضية بما عليها من أجهزة فوق ملفافات (Rollers) عبارة عن مواسير معدنية كما هو مبين بالشكل ١٧٩

وآلات دق الخوازيق تكوّن بشكلها السابق مايشبه البرج وتكون عادة من الخشب أو من الصلب وتختلف أشكالها وابعادها تبعاً للحالات والأغراض التى تستعمل لها وتجهز عادة بسلم (Ladder) أو أكثر وأحيانا تستعمل المساند المائلة (Stays) كسلم بتثبيت قطع أفقية فيها أما من الخشب أو من الصلب وتجهز آلات الدق عادة بشدادات لربط القوائم مع المساند وتكون هـذه الشدادات أفقية ومائلة ويشد البرج (Tower) بشدادات جانبية من الحبال

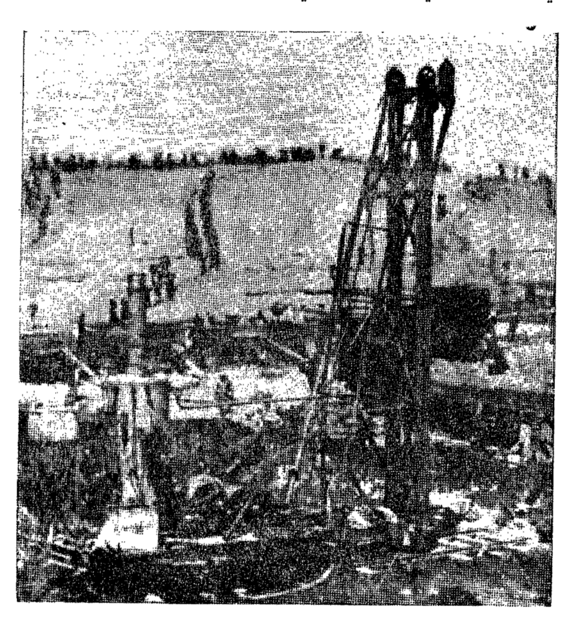


شكل ١٧٩

الصلب تتصل بحلقات من الحديد (Rings) مثبته فى أعلا البرج أو تتصل بقضبان من الحديد وتكون الشدادات الجانبية مائلة

وبواسطة الملفافات التى ترتكز عليها الارضية الخشبيه وما عليها من أجهزة وآلات يمكن تحريك آلة الدق الى الأمام أو الى الخلف وكذا يمكن تحريكها جانبيا بتغيير وضع الملفافات ويمكن تجهيز الآلة بصينية لتحريكها فى كل اتجاه.

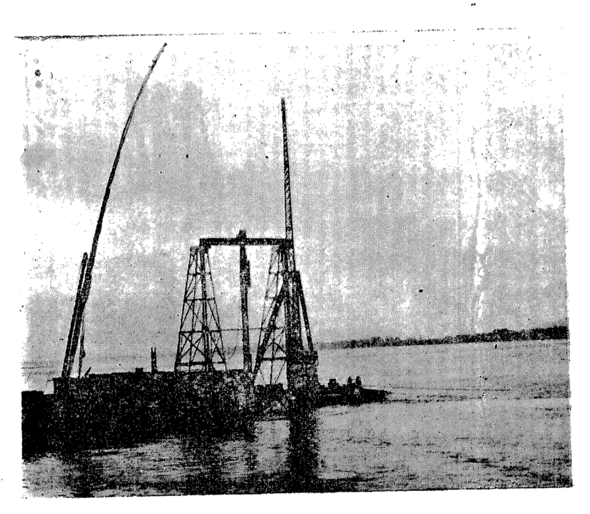
والغرض من تبطين القوائم الخشبية بمجارى حديدية هو تقليل الاحتكاك بين المطرقة والدليلين والشكل ١٨٠ يبين صورة فوتوغرافية لآلة دق الخوازيق



شكل ١٨٠

واذا أريد دق الخوازيق بحيث تكون رؤوسها على منسوب منخفض عن منسوب قدمى الدليلين فتجهز الآلة أحيانا بدليلين اضافيين يركبان عند الحاجة بالطول المرغوب أو يعلقان على بكرة خاصة فى أعلا البرج وهذه الحالة تعرض عادة فى الخنادق الكبيرة الغور وفى داخل السدود المحيطة وقد يستعمل فى مثل هذه الحالة الوسيط أو التبع (Follower) وسيأتى الكلام عليه فيما بعد

وفى حالة دق الخوازيق فى مجارى المياه فان الآلة تركب على عوامة أو مركب كما هو مبين بالشكل ١٨١



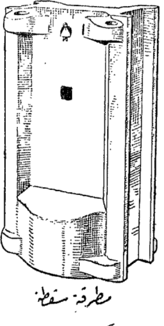
شكل ١٨١

ويوجد آلات للدق تسمى الآلات السيارة Track Pile Drivers وتستعمل عادة فى أعمال السكة الحديد وتشمل مطرقة بخار ونافورة مياه والمضخة المتصلة بها وصينية تتحرك عليها الآلة ودلائل متحركة واجهزة وآلات أخرى خاصة برفع المطرقة وتسيير الآلة من تلقاء نفسها Automatically

مطرقة السقطة لدق الخوازيق

مطرقة السقطة عبارة عن المطرقة التى ترفع بحبل ثم تترك لتسقط بالجاذبية وتتركب من كتلة من الزهر الصب لها فكان واحد على كل من جانبيها يتفق البعد بين حافتيهما الخارجيتين مع الفراغ الموجود بين دليلى آلة الدق وللمطرقة

فى اعلاها مشبك (Pin) لوصلها بحبل الاله الرافعة ولها قاعده ذات مسطح يتفق مع قطاع اكبر الخوازيق الشائعة الاستعمال كما هو مبين بالشكل ١٨٢



شكل ١٨٢

ويكون طول الفكين كافيا لمنع حدوث هزة عنيفه عندما تضرب المطرقة رأس الخازوق لأنه كلما زاد الطول الذى يتصل فيه الفكان بالدليلين كلما قل مقدار الهزات

والمطرقة مصنوعة بحيث يكون مركز ثقلها بالقرب من قاعدتها ويحسن عمل سطح قاعدة المطرقة الذى يتصل بالخازوق مقعرا وذلك فى حالة ماتصيب المطرقة رأس الخازوق مباشرة حتى يدخل رأس الخازوق فى التقعير الذى فى قاعدة المطرقة وبذلك تكون رأس الخازوق مسنودة ويكون الخازوق بذلك أقل قابلية للتزحزح من وضعه الرأسى

اما أذا استعمل غطاء لرأس الخازوق (Cap) فيعمل السطح الاسفل لقاعدة المطرقة مسطحا (Flat)

ويختلف ثقل مطرقة السقطةمن ٥٠٠ رطل الى ٥٢٠٠ رطل حسب قطاع وطول الخازوق ونوع التربة التى يخترقها وقد تستعمل مطارق مفرغة وتملأ باثقال تناسب الحالة التربة تستعمل لها

ثقل المطرقة ومقدار سقطتها

يجب أن تكون المطرقة ذات ثقل بحيث يكون الجزء الباقى بعد فاقد الطاقة كافيا لانزال الخازوق فى التربة ويجب أن لا يقل ثقل المطرقة عن ثقل الخازوق ويفضل ان تكون المطرقه ذات ثقل يساوى ضعف ثقل الخازوق ومن نتيجة التجارب وجد أنه يحسن أن لايزيد ارتفاع السقطه عن ٢٠ قدم بينما يمكن استعمال سقطات مقدارها ٥ أقدام وأقل فى التربة السهلة الاختراق وإذا رؤى انه من الضرورى استعمال سقطات مقدارها اكبر من ٢٠ قدم فيجب أن لا يستمر الدق بها كثيرا على الخازوق الواحد والا يتسبب عن ذلك تلف الخازوق والسقطات الصغيرة الارتفاع لها ميزة توالى الضربات بسرعة عما فى حالة السقطات الكبيرة الارتفاع وبذلك يضمن استمرار هبوط الخازوق ولا يخفى ما فى ذلك من اقتصاد كبير فى الوقت

ولكن يجب أن لا يكون ارتفاع السقطة صغيرا جدا لان ذلك يؤدى الى فقد كل الطاقة أو نسبة كبيرة جدا منها فى جسم الخازوق دون احداث أى هبوط أو احداث هبوط ضئيل

كما أنه اذا كانت السقطة ذات ارتفاع كبير جدا فأن تأثيرها على الخازوق يكون شديدا ويحدث تلفا كبيرا للخازوق يفقد بسببه نسبة كبيرة من الطاقة ولذا فاستعمال مثل هذه السقطات اسراف فى المجهود

واستعمال مطارق خفيفة ذات سقطات كبيرة وسرعة كبيرة يفقد معه جزء كبير من الطاقة عند رأس الخازوق وعندما يشرع الخازوق فى نقل الطاقة الناشئة عن اصابة المطرقة لرأسه الى التربة لاختراقها فأن ثقل المطرقة يكون خفيفا ولا يساعد فى الاختراق الا بنسبة ضئيلة بخلاف مالو كان ثقل المطرقة كبيرا ومما تقدم يتضح ان ارتفاع السقطة يجب أن يلائم حالة الخازوق ونوع المادة المركب منها والجهود التى تتحملها هذه المادة بحيث لا تنفصل الالياف عن بعضها وفى حالة مايكون الحبل متصلا بمطرقة السقطه بحيث أنه يتعين على

المطرقةأن تجذب الحبل و تدير طنبور الآله الرافعه Drum of Hoisting Machine الملتف حوله الحبل يجب عمل تعديل جوهرى فى ارتفـاع السقطه المقيده لتحويله الى نظيره فى سقطة حرة وفى جميع القوانين الخـاصة بحساب قوة تحمل الخازوق لا يعتبر ضغط الهواء على المطرقة ولا الاحتكاك بين المطرقة والدليلين مادامت الادله راسيه تماما وفى حالة حسنة

ولو أن ضغط الهواء والاحتكاك بين المطرقة والأدلة يستدعيان تعديلا فى وزن المطرقة بتنقيصه بمقدار ١٫٥ ٪

السقطة المقيدة Restrained Fall

أغلب القوانين الخـاصة بحساب قوة تحمل الخازوق مبنية على ان سقطة المطرقة حرة (Free) فأذا قيدت بربطها بحبل الآلة الرافعة تحتم تعـديل مقدار السقطة بتنقيص مقداره بحيث يتفق مع ارتفاع مطرقة ذات سقطة حرة

ومن نتيجة تجارب على الاختراق بمطرقة ذات سقطة حرة وبنفس المطرقة مع سقطة مقيدة واستعمال قانون (ولنجتون) لقوة التحمل وجد أن السقطات المقيدة تعادل حوالى ٧٩٫٢ ٪ فى المتوسط من السقطات الحرة المماثلة

وقد قدر جودريخ س٢ = ١٫١٥ ى ٠ ع لسقطة مقيدة

يقابلها س٢ = ٢ ى ٠ ع لسقطة حرة

وبما أنه من المتعذر التحكم فى مقاومة الحبل والطنبور والوصول لتعديل صحيح لمقدار السقطة المقيدة فمن المستحسن فصل الحبل عن المطرقة واستعمال ملاقط (Nippers) لضمان سقطة حرة عند قياس مقدار الاختراق لحساب قوة التحمل

مقدار الاختراق النهائى لكل ضربة من ضربات المطرقة

قوانين حساب قوة تحمل الخوازيق وضعت مبدئيا للخوازيق المقاومة بالاحتكاك ويمكن استعمالها فى بعض الحالات التى يكون فيها جزء من المقاومة بواسطة الطبقة التى عند قدم الخازوق

ويجب أن لا يعتبر الا معدل الاختراق فى آخر خمسة أو عشرة ضربات

فأذا قل الاختراق عن $\frac{1}{4}$ بوصه فى الخوازيق الخشبية التى تدق بمطرقة السقطة فيجب عدم الركون الى التجربة

وعادة يحسن أن لا يقل الاختراق عن $\frac{1}{2}$ بوصة اذا كان الخازوق من الخشب الجيد ولا عن بوصة واحدة للخشب الاقل جودة

فأذا قلت مقادير الاختراق عن المبينة أعلاه فيجب عدم الاعتماد على التجربة لأن هذا يكون دليل على أن الهبوط الذى يقاس عند رأس الخازوق لا يعطى مقدار الاختراق وانما يشير الى اتلاف حادث فى رأس أو جسم الخازوق

ومقدار معدل الاختراق النهائى لكل ضربة يتوقف على طبيعة التربة وقطاع الخازوق وطوله ودرجة خشونته وشكل قدم الخازوق ومقدار الاختراق الكلى كما انه يتأثر بثقل المطرقة ومقدار سقطتها

فاذا استعمل تبع فى دق الخوازيق فى المرحلة الأخيرة فيجب عمل تعديل لمقدار معدل الاختراق النهائى وهذا يستدعى عمل تجارب لدق الخوازيق بواسطة التبع ومباشرة بغير تبع لمعرفة مدى التعديل الذى يعمل فى مقدار معدل الاختراق النهائى

مطرقة البخار

هى المطرقة التى تتحرك الى أعلا مسافة صغيره بضغط البخار بمكبس (Piston) داخل اسطوانة متصله بالمطرقة ثم تسقط من تلقاء نفسها بفعل الجاذبية أو بفعل الجاذبية وضغط البخار معا

والمطرقة والاسطوانة موضوعتان معا داخل اطار من الصلب يتحرك بين الدليلين ويمتد الاطار تحت قاعدة المطرقة بحيث يكوّن فراغا تحت المطرقة فالطراز الذى يستعمل فيه البخار لرفعه فقط ويسقط بالجاذبية يسمى مطرقة البخار المفرد الاثر

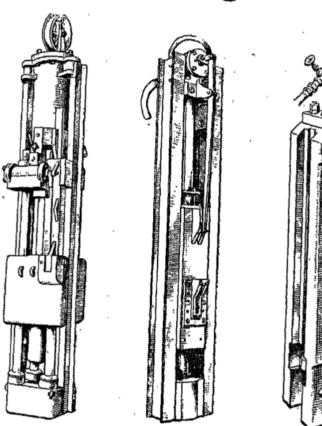
والطراز الذى يستعمل فيه البخار لرفعه وللمساعدة فى انزاله يسمى مطرقة البخار المزدوج الاثر

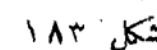
وفى النوع الاول تختلف قوة الضربة باختلاف ثقل المطرقة ومقدار السقطة وعدد الضربات يختلف تبعا لضغط البخار

اما فى النوع الثانى فان قوة الضربة وكذا عدد الضربات تابعان لضغط البخار وهذا النوع أخف فى الوزن من النوع الاول وعدد ضرباته اكثر ويختلف وزن المطرقه فى النوع الثانى من ربع الى نصف نظيره فى النوع الأول

ويوجد انواع من مطارق البخار فيها الاسطوانه ثابته والمكبس يتحرك مع المطرقة وأنواع أخرى فيها المكبس ثابت والاسطوانة هى المتحركة وقد يستعمل الهواء المضغوط بدلا من ضغط البخار فى تشغيل المطرقة

وتختلف اثقال مطارق البخار من ٢٠٠ رطل الى ١٦٠٠٠ رطل ويكون عدد الضربات من ٥٠ الى ٦٠ فى النوع الأول ومن ١٠٠ الى ١٢٠ فى النوع الثانى والشكل ١٨٣ يبين ثلاثة انواع لمطارق البخار




شكل ١٨٣

وفى اثناء عملية الدق بمطارق البخار لخوازيق خشبية فأن رأس الخازوق تلبس الفراغ الذى تحت قاعدة المطرقة والذى يكوّن جزءً بارزا من الاطار

الذى يحويها والاطـار يكون مجهزا بزوايا أو مجارى حديدية على الجانبين الذين يتحركان على الدليلين

وثقل الاطـار كبير بحيث يسـاعـــد فى استمرار هبـوط الخـازوق عنـد اتصـال المطرقـة به

وفى مطارق البخار تكون الضربات متتالـية وسريعة بحيث يكون الهبوط مستمرا ومما يساعد على استمرارهبوط الخازوق الهزات التى تحدث بالخازوق من تأثير الضربات السريعـة ومن ذلك يتضح أن تأثير الضربات السريعـة بمطارق البخار التى ترتفع الى مسافات صغيره افعل فى استمرار اختراق الخازوق للتربة

امتياز مطارق البخـار — مما تقدم يمكن تلخيص الامتيازات التى لمطـارق البخـار فيما يـلى

١ ـ استعمال مطارق البخار أضمن فى حفظ الخازوق فى وضعه من مطارق السقطة حيث أن رأس الخازوق تدخل فى بروز الاطار

٢ ـ يمكن استعمال خوازيق من اخشاب أقل متانة فى حالة استعمال مطارق البخار لأن استعمالها لا يتلف رؤوس الخوازيق بالدرجة والسرعة التى تتلف بها مع استعمال مطارق السقطة والتى مع استعمالهـــا يستعمل عادة اطواق لحـاية رؤوس الخوازيق

٣ ـ أن فعل الضربات فى أى وضع للمطرقة فى طول الدليلين ثابت

٤ ـ انه يمكن دق الخازوق الى مسافات تبلغ نحو ٢٫٥ متر تحت قدم الدليلين دون استعمال ادلة اضافية أو تبع وبذلك يمكن الاقتصاد فى طول الخازوق وتوفير اجرة قطع الطول الزائد

٥ ـ سرعة الدق تساعد فى استمرار هبوط الخازوق وقد وجد أن الوقت اللازم لدق خازوق واحد بمطرقة السقطة يكفى لدق ثلاثة خوازيق بمطرقة البخار نظرا لضياع جزء كبير من الوقت فى رفع مطرقة السقطة

٦ ـ يمكن استعمال مطارق البخار فى الاماكن والحالات التى يتعذر معها استعمال مطـارق السقطة

٧ ـ الاضرار التى تحدث بسبب الدق بمطرقة البخار للمنشئات المجاورة وتكسير الواح الزجاج واتلاف البياض أقل منها فى الحالات التى تستعمل فيها مطارق السقطة

٨ ـ عمر الادلة يكون اطول منه فى مطارق السقطة

وكما أن لمطرقة البخار الامتيازات السابقة فأن لها عيوبا نلخصها فيما يلى مطرقة البخار قد تخيب فى اختراق طبقة التربة السطحية اذا كانت صلبة بينما قد تنجح مطرقة السقطه لأن تصادمها مع رأس الخازوق اكبر من نظيره فى حالة استعمال مطرقة البخار لأن الارتفاع فى الحالة الاولى اكبر منه فى الاخيرة

ولكن كبر الارتفاع فى حالة مطرقة السقطة قد يتسبب عنه كسر الخازوق ولو أنه يمكن تفادى ذلك بتحديد قدم الخازوق وتجهيزه بقدم من الزهر وحماية رأسه بغطاء (Cap) ومطرقة السقطة اصلح للدق فى الماء لأن رؤوس الخوازيق تترك عادة على منسوب اعلا من منسوب الماء بنحو ١½ متر وبذلك لا يحتاج الأمر الى الدق تحت قدمى الدليلين

ونظرا لأن مطرقة البخار ذات ثقل كبير فأن العوامة التى تركب عليها الآلة تميل دائما تحت الدليلين

وفى الاعمال التى يقتضى الحال تغيير مطرقة البخار بمطرقة السقطة فأن عملية التغيير تضيع وقتا كبيرا وتتكلف كثيرا وفى الوقت نفسه يلزم وضع مطرقة البخار بعد فكها فى مكان متين وبحيث لا يختل توازن العوامة

الاطواق وأغطية الرأس والوسيط (التبع).

من المهم ان تقطع رأس الخازوق على مستو عمودى مع اتجاه طوله حتى توزع الجهود الناشئة من تصادم المطرقة على سطح الرأس بالتساوى وبما أن رأس الخازوق تنزع دائما الى تغيير موضعها بين الدليلين أثنـاء الدق فمن المستحسن أن تقعر قاعدة مطرقة السقطة لحفظ الرأس والخازوق فى وضعهما

واذا زاد مقدار الضغط على أى من الياف الخازوق عن مقدار الجهد المسموح فأن هذه الليفة تسلم تحت تأثير هذا الضغط أما بالانحناء أو الانبعاج أو الكسر وتفقد خاصية تماسكها مع باقى الالياف واذا ماسلمت الالياف

فان كل ضربة من ضربات المطرقة يزيد فى تلفها وتكون الرأس التالفة فى هذه الحالة كوسادة يفقد فيها جزء كبير من الشغل الحادث من ثقل المطرقة أثناء سقوطها فى مسافة السقطة وتكون الجودة أقل أى الشغل المفيد (Usefull Work) والذى يستغل فى اختراق التربة يكون نسبة صغيرة من مجموع الشغل الحادث بسبب سقوط المطرقة .

واتلاف رأس الخازوق بالطريقة السابقة يسمى شعب الرأس (Brooming) وقد تستهلك كل الطاقة تقريبا فى احداث هذا التلف اذا كانت مسافة السقطة كبيرة جدا

وزيادة مقدار مسافة السقطة عن ٥ أمتار لايزيد الاختراق ويمكن معرفة الطاقة التى تفقد بسبب اتلاف رأس الخازوق بصفة تقريبية بمعرفة عدد الضربات اللازمة لاختراق الخازوق لمسافة ٣٠ سم عادة فى التربة قبل قطع الرأس التالفة وبعد قطعها

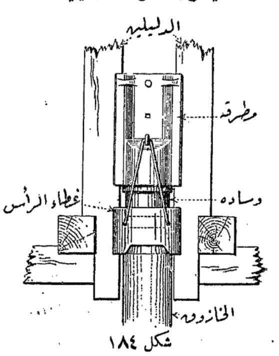
وقد وجد من نتيجة تجارب أجريت لهذا الغرض أن نحو ٥٢ ٪ فقط من الشغل الذى يستهلك فى حالة رأس سليمة لاختراق التربة هو مايستهلك فى حالة رأس تالفة

وفقد الشغل بنسب كبيرة كهذه يعتبر اسرافا كبيرا فى مجهود العمال وفى الوقت وذلك يكلف كثيرا فلذا يراعى قطع رأس الخازوق بمجرد ظهور آثار التصدع أو الشعب عليها ويجب اتقاء لذلك وقاية رأس الخازوق باحدى الطرق التى سيأتى الكلام عليها والذى يزيد فى نزوع رأس الخازوق الى التلف هو جعل رأس الخازوق ذى مسطح أكبر من مسطح قاعدة المطرقة ففى مثل هذه الحالة لاتصيب المطرقة الا جزءً من مسطح الرأس فتدفع به داخل الرأس وينشأ عن ذلك تصدع الرأس وتلفها

وللوقاية من حدوث التلف بالرأس تطوق باطواق من الحديد تختلف ابعادها من ٢ً × ⅜ً الى ٤ً × ١ً تحيط برؤوس الخوازيق وتصنع من أحسن أنواع الحديد المشغول وعنـــد وضع الطوق فى الرأس يصير شطف

(Chamfering) الراس بطول ٥ً ويوضع الطوق فوقها ثم يضرب الطوق بالمطرقة وعادة ضربة واحدة فيدخل الطوق فى الجزء المشطوف

فأذا كان بالرغم من وقاية الرأس بطوق حديدى يحدث تلف بالرأس فالعلاج لذلك هو أن يقطع الجزء التالف ويطوق الجزء الذى يليه



شكل ١٨٤

والعلاج الانجع والاقل كلفة فى وقاية رأس الخازوق هو استعمال غطاء للرأس وهذا الغطاء يتكون من قطعة من الزهر الصب ولها بروزين مسلوبين احدهما فى اعلاها والآخر عند قاعدتها كما هو مبين بالشكل ١٨٤

فالبروز الاخير يرتكز على رأس الخازوق عند اصابة الرأس وتشطف رأس الخازوق بشكل يلائم هذا البروز بحيث أن الرأس يلبس الغطاء لبسا محكما وأما البروز الاعلا فتوضع فيه وسادة من خشب متين بحيث تكون فوق قطعة الزهر وتجهز الوسادة عادة بطوق من الحديد عند رأسها لحمايتها من ضربات المطرقة ولهذا الغطاء فكين يشبهان فكى المطرقة ليرشداه فى حركته بين الدليلين وبذلك يضمن بقاء الخازوق فى وضعه وعدم انحرافه

وأثناء عملية الدق قد تتطلب الحالة تغيير الوسادة نظرا لتلفها لانها هى التى تتلقى ضربات المطرقة مباشرة وفى بعض الحالات يصير وقاية رأس الوسادة بفرش من الحبال

ومما يستعمل لوقاية رأس الخازوق ان تسمر فيه قطعة من الصلب تكون مستوية أو على شكل طربوش يلبسه رأس الخازوق

الوسيط أو التبع

عندما يراد دق خازوق الى منسوب منخفض عن قدمى الدليلين او تحت منسوب سطح الأرض أو تحت منسوب المـاء يستعمل عادة مايسمى التبع وهو عبارة عن جسم على شكل خازوق قصير يتوسط بين المطرقة وبين رأس الخازوق الاصيل الجارى دقه لتلق ضربات المطرقة وتوصيلها الى رأس الخازوق

ويكون ذا طول كاف بحيث يكون جزؤه الأعلا بين الدليلين بينما قاعدته تتبع رأس الخازوق تحت قدمى الدليلين الى المنسوب المراد الوصول به اليه ويثبت فى أسفل التبع غطاء تلبسه رأس الخازوق كوقاية لهـا من ضربات المطرقة وأما التبع نفسه فلوقاية رأسه فأنه يلبس البروز الموجود فى مطرقة البخار أو يلبس غطاءاً للرأس فى حالة مطرقة السقطة

ويضيع عادة جزؤ كبير من الطاقة فى جسم الوسيط يبلغ فى بعض الاحيان نحو ٥٠ ٪ من الطاقة

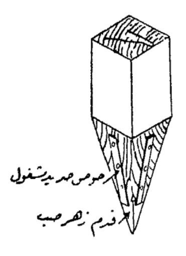
وبما أنه يحتمل ان يلصق التبع فى بعض انواع التربة فيحسن ان لا تزيد مسافة المتابعة عن ١٫٥٠ متر

الاقدام والوصلات

فى التربة السهلة الاختراق لا يوجد ما يدعو الى تحديد اقدام الخوازيق فاذا كان الخازوق سيخترق طبقات رخوة ليرتكز على طبقة صلبة فان القدم الغير محدد (Blunt) يزيد فى مسطح قاعدة الخازوق المتأثرة بالحمل وهو من هذه الوجهة ذو فائدة اذ يسخر مسطحا اكبر فى مقاومة الحمل وللقدم الغير محدد فائدة أخرى اذ أنه افعل فى مكافحة الجذور والعقبات التى تصادفه والتغلب عليها وبذا يحتفظ الخازوق بوضعه ولا يحيد عنه بفعل العقبات وفى حالة دق خازوق بقدم غير محدد فانه يتكوّن جسم من التربة المضغوطة تحت قدمه على شكل مخروط ويندفع معه مخترقا التربة فيصبح الخـازوق بذلك كأنه محدد القدم فان كانت الطبقة التى يخترقها الخازوق من الحصا الكبير أو من

الجلاميد فان صلابتها تتغلب على التربة المضغوطة تحت قدم الخازوق فتفتتها وتصدع قدم الخازوق الخشبي فمن المرغوب فيه عند اختراق الخازوق لطبقات صلبة والتى مقاومتها للانضغاط كبيرة أن تحدد قدم الخازوق كما هو مبين بالشكل ١٨٥ لتسهيل اختراقها للتربة



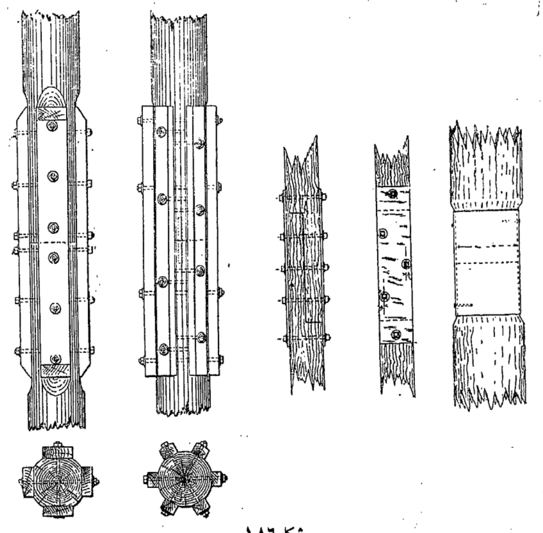


شكل ١٨٥

ويحدد قدم الخازوق على شكل هرم ناقص قاعدته السفلى من ٤″×٤″ الى ٦″×٦″ وطول الهرم الناقص يختلف من ١½ الى ضعف قطر الخازوق والشكل ١٨٥ يبين خازوقا خشبيا محدد القدم وتحديد قدم الخازوق يزيد فى معدل الاختراق وبذا يوفر فى الطاقة التى تستهلك فى عملية الاختراق ومن المستحسن وقاية القدم المحدد أو استبداله بقدم حديدى كما هو مبين فى الشكل

وبعض الخبراء يوصون بعدم استعمال اقدام حديدية بحجة أنها تنفصل عن الخازوق

الوصلات ـ اذا تطلب العمل دق خوازيق طويلة من المتعذر وجودها فى الاسواق فيوصل خازوقين ببعضهما وكذا اذا كان الفراغ الموجود فوق الموقع الذى سيدق الخازوق فيه لا يسمح بدق الاطوال المطلوبة كما هو الحال فى دق خوازيق تحت كبارى موجودة فان الاطوال تجزء وتدق خوازيق قصيرة توصل ببعضها ويوجد اشكال كثيرة للوصلات منها النوع المماثل لوصلات قضبان السكة الحديد (Fish Plate) وقد تعمل الوصلة بوضع طرفى الخازوقين الموصلين داخل غلاف (Sleeve) من المواسير المعدنية يسمر فى كل من الخازوقين وفى كلتا الحالتين يجب أن يكون طول الوصلة كافيا والشكل ١٨٦ يبين أنواع الوصلات المستعملة للخوازيق الخشبية



شكل ١٨٦

بعض مشاهدات عملية

من الاختبارات الكثيرة وجد أنه اذا سقطت مطرقة ثقيلة مسافة صغيرة تسبب اختراقا اكبر مما تسببه مطرقة خفيفة اذا سقطت مسافة كبيرة وأن القوة التى تستعمل فى الحالة الأولى لاختراق مسافة ما تكون اصغر من القوة التى تستعمل فى الحاله الأخيرة لاختراق نفس المسافة

وكذا الاضرار التى تحدث لنفس أجهزة الدق تكون أقل فى الحالة الأولى مما هى فى الحالة الثانية نظراً لكبر الهزات فى الحالة الثانية وكذا لاحتكاك المطرقة بمسافات أطول من الدليلين

وعدد الضربات فى وقت ما فى الحالة الأولى اكبر من نظيره فى الحالة الأخيرة وعلى ذلك فالوقت الذى يمر بين ضربة وأخرى فى الحالة الاولى صغير

لا يسمح للتربة التى اخترقها الخازوق وضغطها بأن تنهار وتندمج ثانية حوله .

وفى التربة السريعة الانهيار والاندماج كالرمل الرفيع الحبيبات والحامل للماء يجب أن تكون الضربات سريعة بقدر المستطاع فللاسباب السابق بيانها يكون الخازوق الذى يدق بمطرقة خفيفة ويهبط بمعدل منتظم أقل نزوعا الى الارتداد (Rebounding) والانبعاج والتصدع مما لو دق بمطرقة ثقيلة وبين كل دقة والتى تليها فترة محسوسة من الزمن

وبعض أنواع التربة يخترقها الخازوق الى مسافة ما ثم يمتنع عن الاختراق ولكن قد يعود الى الاختراق اذا دق عليه بعد فترة راحة وقد يتسبب عن دق أحد الخوازيق ارتداد الخوازيق السابق دقها بجواره

وفى بعض أنواع التربة (الطينية) يتسع الثقب المسبب عن اختراق الخازوق ويصبح اكبر من قطاع الخازوق فيجد الماء طريقه فى هذا الثقب الى قدم الخازوق ويعمل بذلك على تقليل كل من مقدار الاحتكاك حول الخازوق وقوة تحمل التربة تحت قدم الخازوق

الترتيب الذى يجب أن تدق به الخوازيق

اذا كان الغرض من دق الخوازيق هو ضغط التربة وادماجها فانه يبدأ بدق الخوازيق من وسط الارض المراد تقويتها الى حدودها الخارجية فاذا اتبع العكس فدقت أولا الخوازيق التى حول المحيط ثم دقت الخوازيق الداخلية الى وسط الارض فان عملية الدق تصبح صعبة فى الخوازيق الداخلية سيما القريبة من الوسط وقد يتسبب عن ذلك ارتداد كثير من الخوازيق الخارجية

وذلك لأن دق الخوازيق الداخلية يكون فى أرض مضغوطة ومندمجة بفعل الخوازيق الخارجية السابق دقها

وعلى أى حال يجب أن يكون الدق فى الاتجاه الذى لا يوجد فيه مقاومة كبيرة للدق فمثلا يبدأ بدق الخوازيق بالقرب من المبانى الموجودة ويتجه نحو الفضاء وليس العكس وكذلك يبدأ بعيداً عن البحيرات والانهر ويتجه بالدق اليها وليس العكس

ويمكن استثناء الحالات التى تكون فيها التربة رخوة جداً فيستحسن الابتداء بدق الخوازيق من الخارج الى الداخل لضغط التربة وادماجها بقدر المستطاع

ومن المفيد معرفة الاثر الذى يحدث على الخوازيق التى سبق دقها بسبب دق خوازيق مجاورة لها فقد يشاهد المهندس أن بعض الخوازيق التى سبق أن دقت برؤسها على منسوب معين ترتفع مناسيب رؤوسها نحو ٥سم أو ٧سم بسبب دق خوازيق مجاورة لها وهذا يدل على أن التربة المحصورة بين هذه الخوازيق قد بلغت أقصى حد الانضغاط وأن حركتها لأعلا ليست الا لأن هذا الاتجاه هو اتجاه أقل مقاومة والذى يمكن للتربة أن تتحرك فيه بسهولة ويمكن معالجة هذا الارتداد باعادة الدق فوق رأس الخازوق فان أذعن وهبط الى منسوبه المقرر فبها والا يصير قطع الجزء من رأسه الذى ارتفع عن المنسوب حيث أن ذلك معناه أن التربة قد بلغت أقصى حد لانضغاطها

استعمال خوازيق باقدام ذات قطاعات اكبر من قطاعات رؤوسها

يحدث أحيانا ان يتعذر انزال الخازوق بعد الوصول الى عمق معين ويرتد الخازوق عند الدق عليه ويرد المطرقة معه وقد يرتد الخازوق نحو ١٫٥٠ م بعد رفع المطرقة عنه مباشرة كما أنه قد يحدث الارتداد تدريجيا فبعد مضى ليلة يصبح الخازوق وقد ارتفع منسوب رأسه نحو ١٫٥٠م عن المنسوب الذى دقت اليه وهذا يعزى عادة الى طبيعة الرمل الزئبق (Quicksand)، ويكافح ذلك عادة بدق الخازوق بقطاعه الاكبر عند قدمه

وكذلك يستعمل قدم ذو قطاع اكبر من الرأس عندما يدق الخازوق فى تربة رخوة ويرتكز قدمه على طبقة صلبة وذلك لغرض زيادة سطح التحميل عند الطبقة التى يرتكز عليها الخازوق

وبالمثل عند دق الخوازيق فى تربة تحت عمق كبير من الماء لأن الماء فى مثل هذه الحالة يعمل على تعويم الخازوق ويقاوم هذا الاثر عادة بدق الخازوق بقدم ذى قطاع اكبر من رأسه

الخوازيق المائلة Battered Piles

تدق الخوازيق المائلة لمقاومة القوى الغير رأسية والآلات التى تستعمل لدق الخوازيق المــــائلة كما تستعمل لدق الخوازيق الرأسية تعلق فيها الادلة فى أعلاها بواسطة مدار تدور حوله كدورة البندول Pendulum لامكان وضعها فى أى وضع مائل ولذلك تسمى بالادلة البندولية وفى بعض الآلات يصير تركيب أدلة منفصلة خلاف الادلة الرأسية بحيث تركب فى الوضع وعلى الميل المراد الدق عليه

وتستعمل الخوازيق المائلة عادة تحت أكتاف العقود لمقاومة المكونة الافقيــة Horizontal Component للقــوى المائلة وكذا فى أرصفة الموانىء وعدم استعمال الخوازيق المائلة فى مثل هذه الحالات قديؤدى الى حدوث حوادث خطيرة لان الخوازيق الرأسية تتأثر بالانثناء بسبب القوى الافقية المؤثرة عليها

وقد يستعاض عن الخوازيق المائلة بعمل شدادات Braces مائلة للخوازيق الرأسية

استعمال النافورة المائية

طريقة انزال الخوازيق بواسطة النافورة المائيــــة تتلخص فى نقل المــاء الدافق من مضخة بواسطة نافورة مائية الى التربة تحت قدم الخازوق وحوله لكسحها Washing واحلال الخازوق محلها والأثر الذى يحدثه الماء الدافق هــو تقليل الاحتكاك الذى بين الخاروق والتربة التىحوله هذا فضــلا عن كسح التربة التى تحت قدم الخازوق وطردها الى اعلا

وكما سبق أن بينا فأن المطرقة قد توضع أحيــــانا فوق رأس الخازوق للاستفادة بثقلها كما انه قد يدق على الخازوق أثناء استعمال النافورة ويستعمل لذلك مطرقة سقطة مقيدة

وتستعمل نافورة أو نافورتين حسب ما تستدعيه طبيعة التربة واستعمال

نافورتين واحدة على كل جانب من جانبى الخازوق أضمن لبقاء الخازوق فى وضعه وعدم زحزحته أو انحرافه أما اذا ما استعملت نافورة فى ناحية واحدة فقد ينزع الخازوق للانحـــراف اليها وفى بعض الحالات تستعمل ثلاث نافورات احداها على منسوب أعلا من الاثنتين الأخرتين

ويكون الغرض من النافورة العليا هو تقليل الاحتكاك بين التربة وجسم الخازوق والنافورات أثناء عملها تؤثر على التربة فتجعلها مبللة متماسكة ولكن بعد رفع النافورات تنهار التربة المتماسكة حول الخازوق وتجعل مقاومة الاحتكاك كبيرة حول جسم الخازوق عما لو كان الدق بواسطة المطرقة فقط وبدون استعمال النافورات

ولضمان قوة تحمل كبيرة عند قدم الخازوق يجب رفع النافورات قبل نزول الخازوق الى المنسوب المقرر والدق عليه جملة دقات بالمطرقة لانزاله الى المنسوب المقرر وهذه الدقات الأخيرة تثبت قدم الخازوق داخل التربة المشبعة بالماء تحت قدم الخازوق وتعمل على منع أثر تقوس التربة الذى قد يمتنع معه ملء جميع الفجوات الحادثة بفعل النافورات

ولضمان الاستفادة من استعمال النافورات يجب أن يقصر استعمالها على انواع التربة التى يعرف عن طبيعتها وخواصها انها تنهار بسرعة عقب ازالة النافورات لسد جميع الفجوات الحادثة من فعل الماء وقد وجـــد أن انواع التربة التى ينجح فيها استعمال النافورات هى الرمال ومن حسن الحظ ان هذا النوع من التربة ينشأ عنه مقاومة كبيرة للدق بالمطرقة وحدها دون استعمال النافورات وقد يحدث تلف للخوازيق التى تدق فى تربة رملية بالمطرقة فقط لضرورة الدق عليها بشدة

وتستعمل النافورات فى انواع التربة الأخرى المكونة من طين ورمل أو حصا رفيع ولكن فى هذه الحالات يستعمل ضغط ماء كبير

مما تقدم يتضح ان استعمال النافورات يوفر كثيراً من نفقات العمل وذلك فى الحالات التى يتضح ان استعمال المطرقة وحـــدها يصبح باهظ النفقات

بسبب صعوبة الدق فى انواع معينة من التربة والمعتاد عند استعمال النافورات ان تسبق قدم الخازوق وتكون تحت قدم الخازوق بنحو ٣٠ سم وقد تستدعى الحال رفع النافورة وانزالها لسكب ماء فى طول الخازوق لتقليل الاحتكاك حول الماسورة التى تتصل بها النافورة

وعند ما يعترض قدم الخازوق جلمود فيصير نحر التربة حول الجلمود بالنافورات الى ان يتزحزح عن موضعه تحت قدم الخازوق او الى ان يغوص الى منسوب منخفض عن قدم الخازوق بسبب فعل الماء تحته

وفى المدن لا يستحب استعمال النافورات خشية حدوث هبوط فى الأساسات المجاورة وما يترتب على ذلك من الاضرار بالمبانى المشيدة عليها

جهاز النافورة المائية — يتكون جهاز النافورة عادة من ماسورة ذات فوهة ضيقة Nozzle عند نهايتها وهذه الماسورة متصلة بماسورة مص لمضخة Pump والتى تتصل بأى مصدر مائى Water Supply وتشغل المضخة بالبخار اما بوصلها بالمرجل الذى يشغل المطرقة او بمرجل خاص ويمكن رفع وانزال الماسورة بواسطة حبل يمر فوق كتلة من البكرات Snatch Block تشغل باليد أو ببكرة Spool تركب على الآلة الرافعة وقطر ماسورة النافورة ٢" أو ٢ ½" وقطر ماسورة الطرد للمضخة عادة ٤" وقطر ماسورة المص ٦" وقطر فوهة الماسورة ¾" او ½" ولفوهة الماسورة ثقب عند نهايتها وخمسة ثقوب حول محيطها

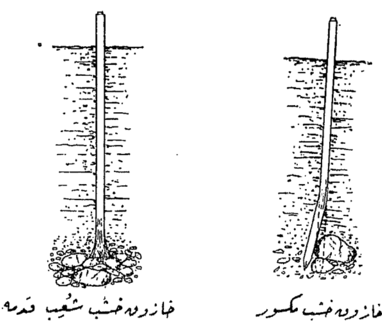
واحيانا يصغر قطر الفوهة الى ½" وبعض النافورات تشغل بواسطة ضغط الماء فترفع وتخفض وتحفظ فى موضعها بواسطة ضغط الماء

الافراط فى دق الخوازيق

الافراط فى الدق يضر باقدام الخوازيق ويتسبب عنه تصدع الاقدام او كسر الخوازيق نفسها او قصها او انبعاجها

وقد اتضح ذلك من الكشف على خوازيق سبق ان دقت فوجد ان كثيراً منها قد تلف اثناء الدق بسبب الافراط فى دقها

والشكل ١٨٧ يبين بعض أنواع التلف التى تصيب الخوازيق الخشبية من تأثير الافراط فى الدق



شكل ١٨٧

وذلك ناشىء عن استعمال المطارق ذات السقطات الكبيرة ووجد ان استعمال مطرقة السقطة من وزن ٣٠٠٠ رطل لسقطات لا تزيد عن ٣٫٠٠ متر لا يحدث تلفا بالخوازيق اذا استمر الدق الى ان يكون الاختراق ١ً واحدة فى الخمسة دقات

والعوامل التى تؤثر فى ضمان سلامة الخوزيق اثناء دقها متعدده اهمها ثقل المطرقة ومقدار سقطتها ونوع الخشب المصنوع منه الخازوق وابعاده ونوع التربة التى يخترقها ونوع الوقاية التى تعمل لرأس الخازوق اثناء الدق وكيفية تجفيف الخشب ومعالجته باحدى طرق الحفظ (preservation) ويمكن ملاحظة الافراط فى الدق من سلوك الخازوق والمطرقة فعندما تبدأ المطرقة بالارتداد وكذا الخازوق فذلك دلالة على الافراط فى الدق ويجب وقف الدق حالا مالم يكن طول الخازوق غير متناسب مع ابعاد قطاعه بأن تكون نسبة طول الخازوق الى ابعاد قطاعة اكبر من المعتاد لأنه ينشأ عن ذلك ارتداد

فأذا وجد اثناء دق الخازوق فى تربه متجانسة (Homogenious) ان عملية

دق الخازوق وانزاله أصبحت صعبـــة وان المطرقة بدأت بالارتداد فمن الحكمة وقف الدق فاذا استمر الدق ولوحظ أن معدل الاختراق أصبح غير منتظم فهذا دلالة غالبا على أن تدم الخازوق بدأ يشعب (Brooming أو أن الخـــازوق آخذ فى الكسر فى أى جزء آخر من طوله فأذا انحرف الخازوق فجأة أو انثنى فالمرجح انه قد انكسر والشكل ١٨٧ يبين ذلك

وبصفة عامة اذا كان الخازوق يهبط بسهولة ثم يقف فجأة وعند ذلك تبدأ المطرقة بالارتداد فيجب وقف عملية الدق لأن هذا دلالة على أن الخـازوق قـد صـــادف عقبـة أو جلمـودا

ويمكن الحكم على حالة الخازوق من سلوك رأسه تحت تأثير دق معتدل وخير مايعمل لمنع تلف الخوازيق بالافراط فى الدق هو استعمال غطاء لرأس الخازوق لوقايتها وحفظها فى الموضع المقرر

أو الاستعـاضه بمطارق البخـار بدلا من مطارق السقطة او استعمـــال النافورات كلما سمحت الظروف أو أستكشاف طبقات التربة التى سيخترقها الخازوق واستعمال الطرق التى تلائمها واطوال الخوازيق المناسبة

فأ ستعمال النافورات هو احدى الوسائل الناجعة فى منع تلف الخوازيق من تأثير الدق المفرط لانه يقلل المقاومة للاختراق

واستكشاف التربه مهم فى تعرف حالة سلوك الخازوق اثناء دقة ولمعرفة الطـول اللازم للخازوق وعما اذا كان الخـازوق سيقـاوم ما سيحمل به من الاحمال بالاحتكاك بينه وبين التربة أو انه سيكون كـعا مود

فأذا كانت طبقة التربه السطحيه صلبة بحيث يتعذر اختراقها دون اتلاف الخازوق فيصير حفرها اما بالدنياميت أو بآلات الحفر التى تناسب حالتها ثم البدء بدق الخازوق عندما تظهر طبقة يمكن اختراقها بواسطة الخازوق

المسافات التى توضع عليها الخوازيق من بعضها

وجد من نتيجة التجارب العديدة أن الخوازيق يجب أن لا توضع على مسافات بين محاورها أقل من ٧٥ سم ويفضل وضعها على مسافات لا تقل عن ٩٠ سم بين محاورها

ولما كانت الخوازيق التى تقاوم الأحمال بالاحتكاك تنقل الضغوط الى التربة المحيطة على مسائح تتزايد مع العمق حتى يصير الوصول الى منسوب يكون نوع التربة عنده قادرا على تحمل وحدة الضغوط الموزعة علية بفعل الخازوق

وجسم التربة الذى ينقل الضغوط يكوّن بمسطحاته المتزايدة مع العمق مايشبه المخروط

وتختلف ميول جوانبه باختلاف طبيعة التربة من حيث نوع المواد المركبة منها ودرجة تماسكها وكلما صغر معامل الاحتكاك وجب أن يكون عمق الاختراق اكبر والا فأن الخازوق يغوص تحت تأثير الأحمال

ومسطحات هذه الاشكال الشبه مخروطية عند اقدامها تحدد عدد الخوازيق اذ يجب أن لا تتداخل هذه الاشكال فى بعضها والا يعد ذلك اسرافا فى عدد الخوازيق بل الواجب أن توضع الخوازيق على مسافات من بعضها والى أعماق بحيث أن هذه الاشكال الشبه مخروطية لا تتداخل فى بعضها وأن يكون الحد الذى تكون عليه من بعضها هو أن تتماس عند أكبر قطاعاتها

ويجب التأكد من أن نوع التربة الذى دق اليه الخازوق قادر على تحمل الضغوط المنقولة اليه على مسطح التحميل الذى هو قاعدة للشكل الشبه مخروطى

وهذا يدل على ضرورة كشف التربة ومعرفة أنواعها على أعماق مختلفة قبل تحديد عدد الخوازيق والمسافات التى تبعد بها عن بعضها والا فانه اذا دُقت الخوازيق باطوال معينة وعلى ابعاد فرضية من بعضها ثم اتضح ان نوع التربة لا يفى بمقاومة وحدة الضغوط عند المنسوب الذى دق اليه الخازوق فأن الحال اذ ذاك تتطلب تغيير عدد الخوازيق وبالتبعية تغيير مسافاتها عن بعضها

فأذا كان الغرض الذى يرمى اليه هو ضغط التربة وادماجها فأن دق عدد اكبر من الخوازيق ووضعها على مسافات أقل قد يزيد قوة تحمل التربة على عمق ما بينما فى بعض أنواع التربة قد يتسبب عن ذلك أضعاف قوة تحملها على نفس العمق

ومن المهم عدم دق الخوازيق على مسافات قريبة جدا من بعضها الا اذا رؤى ضرورة ذلك ويجب دق الخوازيق جميعها الى منسوب تكون عنده حالة التربة تسمح بمقاومة وحدة الضغوط الموزعة عليها

وقد وجد من نتيجة اختبارات أن التربة التى تحتوى على ٣٥ ٪ فجوات بين حباتها اذا ضغطت الى الحد الذى تملأ عنده جميع هذه الفجوات فأن ثقلها النوعى يزيد بنسبة ٥٤ ٪

أما الخوازيق التى تعتبر فى تصميمها كاعمدة وتدق الى طبقة صلبة أو صخرية صماء فيجب أن لا توضع على مسافات أقل من ٩٠ سم

قطع الزيادات التى فى أطوال الخوازيق

يجب أن تقطع الخوازيق الخشبية بعد دقها بحيث تكون رؤوسها تحت أوطى منسوب لسطح الماء الجوفى فاذا كانت الخوازيق فى مجارى مياه (Streams) فيجب ان تقطع رؤوسها تحت اوطى منسوب للماء

أما اذا اريد قطع الطول البارز من الخازوق فى المجارى المائية لغاية منسوب القاع فيعمل ثقب داخل الخازوق وتستعمل المواد الناسفة من داخل هذا الثقب

ازالة الخوازيق

كثيرا ما تستعمل الخوازيق لاعمال مؤقتة كما هو الحال فى انشاء الكبارى المؤقتة وتزال الخوازيق بجملة وسائل فاذا كانت مسافة الاختراق فى التربة صغيرة فيمكن جذب الخوازيق بواسطة حبال آلة الدق المتصلة بالونش أو بمساعدة كتلة وبكرة (Block and Tackle) ولتقليل المقاومة الابتدائية الناشئة عن انهيار التربة حول الخازوق يدق على رأس الخازوق دقة واحدة بالمطرقة قبل جذبه والا فيستعمل جهاز النافورة اذا تيسر ذلك أما فى الماء المعرض للمد والجزر فيربط الخازوق بسلسلة الى المركب او العوامة اثناء الجزر فتجذب الخوازيق بفعل المد واذا كان حول الخازوق تربة متماسكة حوله فيسمر فى الخازوق كتلة خشبية فى كل من جانبيه ويرفع الخازوق

بواسطة عفريتين

حفظ اخشاب الخوازيق

اذا استعملت الخوازيق فى اساسات عادية فما دام يلاحظ ان تقطع رؤوسها تحت منسوب سطح المياه الجوفى فلا داعى لعمل أى اجراءات لحفظها

اما اذا استعملت الخوازيق فى البحار وفى المحيطات حيث توجد الديدان اعداء الاخشاب بكثرة فيستحب استعمال اخشاب مشبعة بالكيريازوت وبما انه لايمكن معالجة العقد التى فى الخشب معالجة ناجعة بالكريازوت فأن هذه الديدان تدخل الى الخوازيق عن طريق العقد وتتلفها

ولاتقاء ذلك يستعمل غلاف من الخرسانة للخازوق الخشبى بدلا من معالجته بالكريازوت او تستعمل بدلا من غلاف الخرسانة شبكة من السلك حول الخازوق وتغطى بطبقة من الأسمنت وهذان العلاجان يعملان للجزء من الخازوق البارز فى مياه البحار والمحيطات ومعالجة الاخشاب بالكريازوت يجعلها اسهل فى الكسر اثناء دقها ولكنه يزيد فى عمرها فى المياه المالحة وكذلك تعالج الاخشاب بنجاح بالزيت الخام (Crude oil)

دق خوازيق الاساس لبغال الكبارى

تدق الخوازيق عادة لهذه الاغراض داخل السدود المحيطة (Cofferdams) وتوضع آلة الدق فوق حوائط السد المحيط بعد اتمامها واحكام قفلها من كل جهاتها ولكن بما ان هذه الطريقة تعرض الكباسات (Struts) الداخلية للسدود للتلف وقد يترتب عن ذلك هدم السد كله فانه من المستحسن ان تدق الخوازيق قبل الانتهاء من قفل السد وذلك بترك احد جوانب السد مفتوحا ولا يتم قفله الا بعد الانتهاء من دق الخوازيق الحاملة للبغلة ثم يقفل الصندوق بعمل الجانب المتروك وتوضع الكباسات داخل الصندوق

الخوازيق الخرسانية (Concrete Piles)

نظرا لقصر عمر الخوازيق الخشبيه عندما يكون الجزء الاعلا منها معرضا للرطوبة والجفاف

قد حلت الخوازيق الخرسانية محل الخشبية واصبحت اكثر شيوعــــا وتنقسم الخوازيق الخرسانية الى قسمين اساسين

١ ـ خوازيق تصب داخل قوالب حسب الاشكال والابعاد المراد عملها عليها وتحفظ داخل القوالب الى أن تجمد ثم تفك عنها القوالب وبعد مضى مدة كافية عادة نحو ٢٥ يوما يصير دقها بالطرق السابق شرحهـــا فى دق الخوازيق الخشبية ويطلق عليها الخوازيق السابق تشكيلها (Premoulded piles) وهذا النـوع يسلح دائما

٢ـ خوازيق تصب فى مكانها من التربه سواء باستعمال غـــلاف بين الخرسانة والتربة أو بدون غلاف والغلاف عبارة عـن مواسير من المعدن الرقيق ويحسن أن يترك فى التربة الى أن يتآكل وهذا النوع من الخوازيق لا يسلح عادة غير انه يمكن تسليحه

اما الخوازيق السابق تشكيلها فتسلح باسياخ بطول الخازوق او باسياخ فى طول الخازوق مع اضافة تسليح جانبى فى شكل اطواق أوحلزونى أو يكون التسليح على شكل لفائف من الالواح الشبكية وتختلف الخوازيق نفسها فى الشكل فيكون قطاعها مربعا أومستديرا أو مسدسا أو مثمنا وقد يسلب الخازوق فتعمل القوالب بحيث يكون قطاع رأسه اكبر من قطاع قدمه

امتياز الخوازيق الخرسانية على الخشبية

الخوازيق الخشبية يجب ان تكون مغمورة بالماء ولذا يجب قطع الجزء المعرض منها لجفاف ولرطوبة متعاقبتين وابقاء الجزء المغمور بالماء الجوفى أو باى ماء آخر فأذا خفض منسوب المـــاء الجوفى فى منطقة بتحسين حالة الصرف فيها فأن الاجزاء من الخوازيق التى تصبح فوق منسوب الماء الجوفى تـكون عرضة للتلف معرضة مافوقها من المبانى للخطر

اما الخوازيق الخرسانية فعمرها فى الجفاف مساو لعمرها فى الرطوبة وعلى ذلك فلا داعى لقطعها تحت منسوب الماء الجوفى أو ماء المحيطات والبحار كما وأن الخوازيق الخرسانيـة ليست معرضة لمهاجمـــة ديدان البحـار

(Terido) اذ انها ليست من اعدائها بخلاف الخوازيق الخشبية التى تحتاج الى وقاية كيماويا أو صناعيا وكلاهما باهظ التكاليف

والخوازيق الخرسانية ذات قطاعات اكبر من الخشبية وبذلك يكون عدد الخوازيق الخرسانية لعمل ما اصغر وتكاليف دقها اقل

وقوة تحمل الخوازيق الخشبية يختلف من ١٠ الى ٢٠ طن للخازوق الواحد بينما الخوازيق الخرسانية تختلف قوة تحملها من ٢٠ طن الى ٥٠ طن

ولكن من جهة اخرى فأن الخوازيق الخرسانية أغلا فى الثمن وتتكلف اكثر فى نقلها ودقها لأنها أثقل من الخوازيق الخشبية كما وان مقاومتها للانثناء اقل من مقاومة الخشب

لكن يعوض ذلك ان العدد المطلوب لعملية ما أقل بكثير من عدد الخوازيق الخشبية لنفس العملية واستعمالها لا يتوقف على منسوب الماء الجوفى وبذا يتوفر جزء كبير من الحفر والاساسات واسماك المبانى وهذا هو اهم عامل فى الاقتصاد لأنه يمكن جعل رؤوس الخوازيق الخرسانية على مناسيب اعلا من رؤوس الخوازيق الخشبية باكثر من ١,٠٠ متر ولا يخفى ما ينشأ عن الاقتصاد فى الحفر والاساسات من اقتصاد كبير فى الوقت وفى سند جوانب الحفر ونزح المياه والردم ووجد ان الوفر فى تكاليف الاساسات باستعمال خوازيق خرسانية بدلا من خشبية تتراوح بين ١٠ ٪ ، ٢٥ ٪ وفى بعض حالات خاصة حوالى ٥٠ ٪

ونظرا لسهولة الحصول على الاسمنت والرمل والزلط والحصا فى كل مكان فأن احتمال حصول عطل بسبب انتظار شحن الخوازيق الخشبية ووصولها لموقع العمل يصبح لا وجود له ولا يخفى مافى ذلك من اقتصاد كبير فى الوقت

كما وانه توجد صعوبة كبيرة فى الحصول على اخشاب سليمة تفى بالمواصفات التى تجعلها صالحة لاستعمالها كخوازيق وخصوصا الخوازيق التى تكون اطوالها اكبر من ١٧ متر اما الخوازيق الخرسانية فأذا اعتنى بصنعها فأنه يمكن صنع كل خازوق بحيث يتفق مع المواصفات تماما

وقوة الخوازيق الخرسانية تزداد كلما مر الوقت عليها ويجب ملاحظة انه

ولو ان جهد الضغط المسموح للخرسانة اقل منه للخشب عند الالياف المتطرفة الا ان قوة تحمل الخازوق تتوقف غالبا على قوة تحمل التربة التى يرتكز عليها وليست على مقدار مقاومة مادة الخازوق نفسه الا فى بعض الحالات

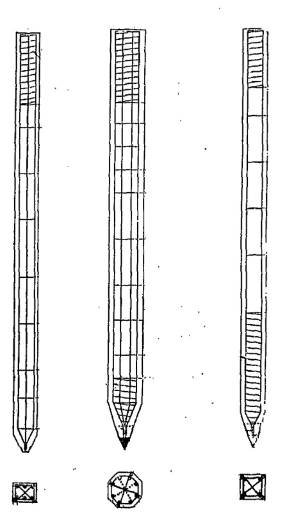
والخوازيق الخرسانية يسهل دقها فى بعض المواد التى يتعذر فيها دق الخوازيق الخشبية والتى ان دقت فيها الخوازيق الخشبية يكون تلفها مؤكدا كما هو الحال لو دقت خوازيق فى ردم من الطوب او الاحجار او رجوع المعادن

الخوازيق السابق تشكيلها

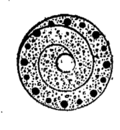
يوجد طرازات مختلفة لهذا النوع من الخوازيق وبعض هذه الطرازات محتكر (Patented) وكثير من هذه الطرازات يترك داخله ثقب لامكان استعمال النافورة المائية من داخل الخازوق ويجب أن يرتب لذلك فى نفس القوالب واظهر الفوارق فى الطرازات المختلفة يكون فى طرق التسليح فمنها ما يكون تسليحه على شكل حلزونى ومنها ما يسلح باسياخ رأسية مصنوعة من حديد مطروق وفى بعض الخوازيق يجعد سطح الخازوق لزيادة المسطح المعرض للتربة لتزيد بذلك مقدار الاحتكاك وأيضا لتسرب مياه النافورة الى أعلا أثناء انزال الخازوق ومن الخوازيق ما تشطف فيه أسياخ التسليح أو تسنن كما انها قد تربط بأربطة أفقية على مسافات رأسية قريبة من بعضها وتجهز بقدم محدد من الزهر الصب وأغلب هذه الطرازات مجهز بمواسير من الحديد بوسطها داخل ثقوب لاستعمال النافورة المائية كما سبق ان اسلفنا وتكون هذه المواسير عادة من قطر ٤" تسلب الى ٢" عند قدم الخازوق ومنها ما هو مجهز بأربعة فوهات أخرى خلاف الفوهة التى عند قدم الخازوق وتكون الاربعة فوهات مقلوبة الى أعلا ومتصلة بالماسورة التى فى وسط الخازوق لغرض القاء الماء الى أعلا لتقليل مقدار الاحتكاك حول جسم الخازوق والتربة المحيطة والشكل ١٨٨ يبين ثلاثة انواع لخوازيق خرسانية مسلحة والشكل ١٨٩ يبين ثلاثة مساقط أفقية لخوازيق بوسطها ثقوب لتمرير الماء الدافق

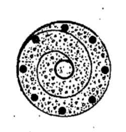
صنع الخوازيق السابق تشكيلها

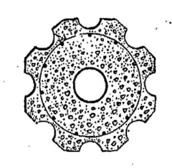
تصب الخوازيق فى قوالب أفقية أو رأسية من الصلب أو الخشب فاذا أريد استعمال الخرسانة بعد مضى وقت قصير فيستعمل اسمنت من السريع



شكل ١٨٨







شكل ١٨٩

التجمد وفى البلاد الباردة تعالج الخرسانة بالبخار الحر لسرعة تجميدها ثم تحفظ لمدة تتفاوت من ٤ الى ١٢ يوم تبعا لبرودة الجو قبل دقها

واذا صبت الخوازيق فى قوالب أفقية فتزال جوانبها بعد مضى يوم أو يومين من صب الخرسانة ثم يبقى الخازوق فى وضعه نحو اسبوع ويلاحظ أن يستمر فى رشه بالماء أثناء الصيف واذا كان الطقس حارا جدا فيجب وقاية الخرسانة من الشمس بتغطيتها بأى موصل رديء وبعد ذلك تكوم الخوازيق لاتمام تجفيفها مدة ثلاثه أو أربعة اسابيع قبل دقها ومتى دقت يمكن البناء عليها مباشرة

ويجب ان توضع اسياخ التسليح فى مواضعها الصحيحة من القوالب بواسطة تعليقها ووضع فواصل بينها لحفظها فى مواضعها المعينة فى التصميم ويحسن عمل التسليح وربطه ببعضه بحيث يكون شبه قفص قبل وضعه داخل القالب حتى لا يسهل زحزحته من مكانه

وتكوّن خرسانة الخوازيق عادة من كيل من الاسمنت البورتلندى وكيلين من الرمل ٢ أربعة من الحصا وقد تستعمل خرسانة من ١ : ٢ : ٣ ويجب ان لا يمر الحصا من حلقة قطر اكبر من ٢ سم وحيث انه وجد ان ماء البحار المالح له تأثير متلف على الخراسانة المسلحة فيجب اذا استعملت خوازيق خرسانية مسلحة فى ماء مالح ملاحظة العناية التامة فى صنع الخوازيق وخلط الخرسانة لها واستعمال خرسانة أكثر دسما بنسب ١ : ١½ : ٣ مثلا ويجب ان تغطى أسياخ التسليح بخرسانة سمك ٣سم على الاقل وتختلف اقطار الخوازيق من ٢٥ سم الى ٦٥ سم ولكن فى النادر تكون أقل من ٣٠ سم أو اكبر من ٤٥ سم أما اطوالها فتختلف غالبا من ٦٫٠٠ متر الى ١٢ متر وقد تختلف من ٢٫٤٠ م الى ٢٢٫٠٠ متر

تصميم الخوازيق السابق تشكيلها

تصمم أسياخ التسليح لمقاومة الجهود التى تنشأ عن رفع الخازوق من وضعه الافقى لنقله ووضعه بين دليلى آلة الدق ولمقاومة الجهود التى تنشأ عن الاحمال المحمل بها الخازوق ايضا واكبر الجهود على الاسياخ الطولية تحدث

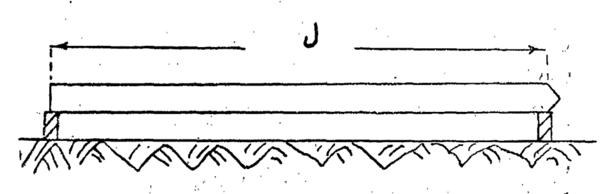
عند رفع الخازوق من وضعه الافقى وخير ما يعمل لتقليل الجهود التى تنشا أثناء رفع الخازوق هو أن يربط من نقطة تقرب من ثلثه الأعلا ويكون عندها عزم الانثناء الموجب مساويا لعـــزم الانثناء السالب وعادة يترك مواسير داخل جسم الخازوق اثناء صبه لهذا الغرض والنقطة التى يتساوى فيها عزمى الانثناء هى على بعد ٣٤٫٥٪ من طول الخازوق من طرفه الأعلا ويعادل كل من عزمى الانثناء فى هذه الحالة $\frac{\text{ں ل}}{٢٧}$

اذا كان ں = ثقل الخازوق

ل = طول الخازوق

وقد تصمم الاسياخ من عزم الانثناء الناشىء عن وضع الخازوق الافقى وهو يساوى $\frac{\text{ں ل}}{٨}$ ولكن هذا يعطى نتائجا مبالغاً فيها للخوازيق التى طولها أكبر من ١٢ متراً

والشكل ١٩٠ يبين خازوقا فى وضعه الافقى ٓ الشكل ١٩١ يبين خازوقا مرفوعا من نقطة عند الثلث من رأسه ويبين كلا من عزم الانثناء الموجب والسالب



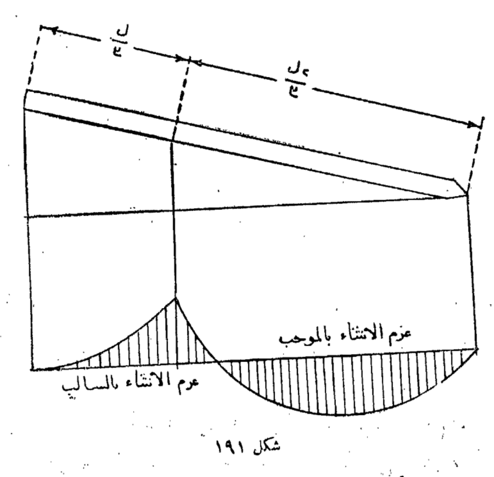
شكل ١٩٠

مثال تطبيقى ـ فاذا فرضنا أن ع = عزم الانثناء

ٓ ب = أحد أضلاع قطاع الخازوق

ٓ ء = البعد من سطح الخازوق لمحور التسليح المقابل

فاذا كان قطاع الخازوق مربعاً فان سطح التسليح



شكل ١٩١

ر = ع / ٨٨٠ ى

ويجب أن تكون أسياخ التسليح الطولى على مسافات متساوية فيما بينها والخوازيق التى من أطوال كبيرة جداً ترفع بربطها من نقطتين على شكل لجام (Sling or Bridle) ويجب أن يزاد فى التسليح الطولى فى الجزء المتوسط من الخازوق فى نظير الجهود التى تنشأ عن الاهتزازات باضافة ١٠٠٪ على وزن الخازوق الا اذا اعتنى بمناولة الخازوق ورفعه بحيث تقلل الجهود الناشئة عن عزم الانثناء فيكتفى باضافة ٥٠ ٪.

ونسبة مسطح أسياخ التسليح الى قطاع الخازوق تختلف من ٦ر٠ ٪ الى ٨ر٢ ٪ والتجارب دلت على حدوث شروخ شعرية أثناء مناولة الخازوق عند ما تكون نسبة مسطح التسليح أقل من ١ ٪.

أما قطاع رأس الخازوق فيصمم على أن يقاوم جهود الضغط الناشئة عن الحمل الذى سيحمل به ووحدة الجهد المسموح تختلف حسب نسب الخرسانة المستعملة ونسب مسطح التسليح لمسطح الخرسانة وطريقة التسليح نفسها

وكذا حالة الحمل نفسه

أما اذا استعمل خازوق مسلوب فالقطاع الخطر والذى يجب أن يحسب لمقاومة جهود الضغط فليس هو رأس الخازوق وانما هو قطاع تحت سطح الأرض بمسافة ما

وفى حالة ما يكون الخازوق لاختراق تربة صلبة فان الدق يكون شديداً وعلى ذلك يجب أن يزاد قطاع الخازوق أو أن تجعل نسبة الاسمنت فى الخرسانة اكبر من المعتاد وخصوصا عند رأس الخازوق لمقاومة الجهود التى تنشأ عن شدة الدق

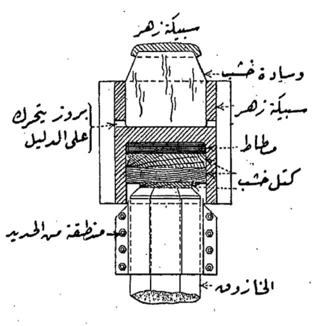
أما فى حالة ما تعمل الخوازيق عمل الأعمدة فتصمم على أنها أعمدة والخوازيق التى تستعمل تحت الحوائط الساندة أو فى الاوضاع الاخرى التى تكون فيها معرضة لجهود مائلة بخلاف الاحمال الرأسية فيجب حساب الخوازيق المسلحة لمقاومة الجهود المائلة وما يترتب عليها من عزم انثناء وفى هذه الحالة يجب عمل قطاع الخازوق فى الجزء الاعلا على الاقل منتظما أى لا يسلب الخازوق فى جزئه الأعلا وللاقتصاد فى تصميم الخازوق الخرسانى يجب أن لا يحمل بأقل من ٣٥ طن الى ٦٠ طن معتمداً على قطاعه وطوله ونوع التربة حوله

دق الخوازيق الخرسانية السابق تشكيلها

الاجهزة التى تستعمل فى دق الخوازيق الخرسانية المسلحة السابق تشكيلها يجب أن تكون متينة نظراً لكبر ثقل الخوازيق وكذا ثقل المطارق ويختلف ثقل الخوازيق من ٢ طن الى ٨ طن فيجب والحالة هذه تصميم أدلة وابراج آلات الدق لتقاوم الجهود العظيمة التى تنشأ من سحب ورفع مثل هذه الاثقال وكلما سمحت الظروف يحسن انزال الخوازيق بالنافوره حتى تكون مهمة المطرقة ثانوية وفى هذه الطريقة ضمان كبير لسلامة الخازوق وعدم احداث تلف برأسه بتوالى الضربات عليه وكذا فى استعمالها اقتصاد كبير فى الوقت والطاقة

وآلات دق الخوازيق الخرسانية هى نفس آلات دق الخوازيق الخشبية غير أنه وجد أن المطارق الخفيفه التى تستعمل لدق الخوازيق الخشبية لاتفى بغرض دق الخوازيق الخرسانية ويكون استعمالها غير اقتصادى لانه باستعمالها يجب استعمال سقطات كبيرة نظراً لزيادة ثقل الخازوق الخرسانى عن نظيره للخازوق الخشبى واستعمال سقطات كبيرة مما يؤدى الى فقد جزء كبير من الطاقة فى عمل غير مفيد بل عمل متلف

وقد دلت التجارب على أن دق الخوازيق الخرسانية بمطارق البخار يتطلب وقتا أقل مما يتطلبه دقها بمطارق السقطة وكذا يحدث لها تلف اقل مما يحدث عن دقها بمطارق السقطة فاذا استعملت مطارق السقطة فيحسن استعمال مطارق ثقيلة مع سقطات صغيرة وعند ما تستعمل مطارق السقطة التى من وزن ٣ طن الى ٥ر٥ طن فيحسن أن لا تزيد السقطة عن ٥ر٢ متر



شكل ١٩٢

وعند ما يتعذر استعمال النافورات لتسهيل عملية انزال الخوازيق فيجب اتخاذ الاحتياطات اللازمة لوقاية الخازوق أثناء الدق فتستعمل أغطية للرؤوس وفى بعض الاحيان تجهز المطرقة بفرش من الحبال او جلد السيور او باكياس من النشاره تحت كتل لتعمل كوسادة لوقاية رأس الخازوق والشكل ١٩٢ يبين غطاء لرأس الخازوق

وقد دلت التجارب على أنه اذا روعى تجفيف الخازوق تماما وتجمدت خرسانته قبل دقه فأنه يقاوم ضربات المطرقة دون استعمال وقاية ما مع حدوث تلف قليل اذا كان الدق بحالة ملائمة وليس شديدا

ووجد من نتيجة مشاهدات عن دق خوازيق فى تربة طينية صلبة أن التربة اندمجت بتأثير دق جملة خوازيق لدرجة كبيرة حتى أن ٥٠٠٠ دقة من مطرقة بخار كانت لازمة لانزال الخوازيق الى عمق ٢٠ قدم ووجد أن الخوازيق القليلة التى تكسرت لم يمتد الكسر فيها لاكثر من ١٨ بوصة تحت رأس الخازوق واذن فمن الضرورى بعـــد دق الخازوق تكسير جزء منه بطول كاف وتعرية الاسياخ ثم تعديلها بحيث تكون مستقيمة تماما ثم ثنى أطرافها العليا على شكل خطاف لغرض وصلها باسياخ تسليح الأساس

ويجب ملاحظة أن الجزء من الخازوق الذى يكسر يكون شاملا لكل التلف والشروخ التى حدثت بفعل ضربات المطرقة

والخوازيق الخرسانية المسلحة التى يتم تجمدها قبل دقها تتحمل عدة مئات من الضربات لمطرقة سقطة تزن ١٫٥٠٠ طن وبسقطات تختلف من ٣ الى ١٠ متر دون احداث تلف كبير

أما الخوازيق التى لم يتم تجمدها ولا تجفيفها والتى تسمى عادة بالخوازيق الفجة (Green) فيجب بذل عناية فائقة أثناء رفعها ومناولتها ويجب تحديد مدى السقطات بحيث لايزيد عن ٢٫٥م ولا يخفى مافى ذلك من عطل وزيادة كبيرة فى التكاليف

فلذا يجب انتظار المدة الكافية لتجفيف الخوازيق وتجمدها تماما وبصفة عامة فدق الخوازيق الخرسانية يتطلب وقتا أطول من الوقت اللازم لدق الخوازيق الخشبية وذلك لأن الخوازيق الخرسانية كما سبق أن بينا اثقل بكثير من الخوازيق الخشبية ولأن أجهزة الدق للخوازيق الخرسانية أثقل من نظيراتها للخوازيق الخشبيه وكذا المسافات التى تكون عليها الخوازيق الخرسانية من بعضها أكبر من نظيراتها فى الخوازيق الخشبية

ويمكن دق الخوازيق الخرسانية فى جميع أنواع التربة التى تدق فيها الخوازيق

الخشبية مع قلة الاضرار الناشئة عن الافراط فى الدق وقد يستدعى الحال كسر جزء من طول الخازوق بما فى ذلك أسياخ التسليح اذا تعذر دق الخازوق بكامل طوله

الخوازيق الخرسانية التى تصب فى أماكنها من التربة

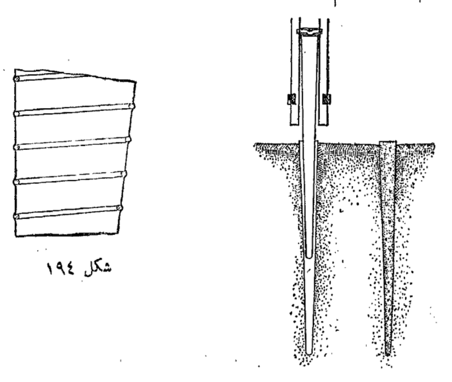
(الأعمدة) ويعبر عنها بالآبار أيضا

هذه هى الخوازيق التى تصب فى الموضع المحدد لها من التربة وذلك بثقب الأرض وصب الخرسانة فى الثقب ويوجد طرازات وأشكال مختلفة وكلها محتكرة ويختلف كل طراز عن الآخر فى الأجهزة التى تستعمل وفى كيفية صب الخرسانة

خازوق (رايموند) — يدق فى التربة جسم مسلوب على شكل قمع من الصلب وهذا القمع قابل للتطبيق Collapsible Steel Core فيلبس القمع غلاف أثناء دقه وبعد انزال الغلاف والقمع يصير تطبيق القمع ورفعه ويبقى الغلاف فى التربة ثم يملأ الغلاف بالخرسانة ونظرا لأن القمع كبير الثقل فتستعمل آلات متينة للدق تجهز بمطارق بخار ذوات أوزان كبيرة وطول الغلاف عادة نحو ٣ متر ويسلب فى طوله وله قدم مغلق فى نهايته السفلى والغرض من استعمال الغلاف هو منع اختلاط التربة والماء بالخرسانة وليقوم بوظيفة القالب الذى يحفظ شكل الخرسانة حتى تجمد وقبل صب الخرسانة فى الغلاف يجب الكشف على داخله بواسطة مصباح كهربائى ينزل داخل الغلاف أو بواسطة انعكاس أشعة الشمس لداخل الغلاف باستعمال مرآة ولمقاومة الضغوط الجانبية والتى قد تؤدى الى هدم الغلاف قبل اتمام ملئه بالخرسانة يسلح الغلاف بسيخ قطر ¼" يلف حلزونيا حول الغلاف وتختلف نسب الخرسانة المستعملة من ١ : ٢ : ٤ الى ١ : ٣ : ٥ حسب ظروف كل حالة والمستحب أن تكون الخرسانة ذات قوام ظاهر فيه البلل

والشكل ١٩٣ يبين خازوق رايموند والشكل ١٩٤ يبين التسليح الذى فى الغلاف والحصا الذى يستعمل يختلف من ¾" الى ١½" وفى بعض الحالات يستعمل تسليح طولى للخرسانة وغالبا تستعمل أسياخ قصيرة لربط الخوازيق بالاساس

اذا لم تستعمل أســـياخ التسليح ومن الواضح أن السيخ الحلزونى الملفوف حول الغلاف يعمل عمل التسليح الجانبى للخازوق والابعاد الشائعة لخوازيق (رايموند) هى أن يكون من قطر ٥٠ سم عند الرأس لاطوال من ٦٫٠٠ الى ٩ متر ٥ ٤٥ سم عند الرأس لاطوال من ١٠ متر الى ١٢ متر على أن لا يقل قطر القدم عن ١٥ سم للخوازيق القصيرة ٥ ٢٠ للخوازيق الطويلة



شكل ١٩٤

شكل ١٩٣

والممیزات التى يمتاز بها هذا الطراز عن غيره هى

١ — الاقتصاد المسبب عن سلب الخازوق أى تصغير قطاعه عند قدمه بحيث أن قطاع الخازوق عند قدمه أصغر منه بكثير فى أى خازوق من طراز آخر اذا تساويا فى قطاعى رأسيهما ولذلك فان الحد الاقصى لاطوال الخوازيق التى من طراز رايموند أقل منه فى الخوازيق الأخرى ولا يزيد طول خوازيق رايموند عن ١٣ متر الا قليلا لأن قطاع قدم الخازوق يكون صغيرا جدا

٢ — السرعة التى تدق بها الخوازيق

٣ — اختبار قوة تحمل التربة برصد سلوك القمع والغلاف أثناء دقهما وأخذ البيانات اللازمة عن مقاومة التربة للاختراق ومقدار معدل الاختراق

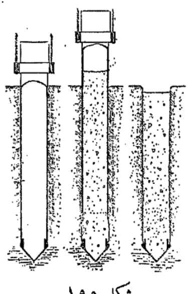
فى الضربات الاخيرة للمطرقة

٤ — سهولة دق الغلاف فى الطبقات الصلبة والتى يتعذر دق الخوازيق الأخرى فيها وذلك بمساعدة القمع الصلب

٥ — سهولة مشاهدة حالة الخرسانة أثناء صبها وبعد الانتهاء من صبها

٦ — هذا الطراز هو الطراز الوحيد الذى يمكن أن تبرز رأسه فوق سطح الارض دون استعمال قوالب خاصة قد تتكلف كثيرا

العيب الوحيد فى هذا الطراز هو عدم صلاحيته لاستعمال النافورات ودائما يدق بالمندالة حتى فى انواع التربه التى يصعب فيها الدق كالرمال والحصا والتى تنزل فيها الخوازيق عادة بالنافورات وهذا يعرض الخوازيق المجاورة والحديثة الصب الى اهتزازات تؤدى الى تلفها فضلا عن ضياع وقت طويل وطاقة كبيرة المقدار فى عملية الدق



شكل ١٩٥

طراز السمبكس — يدق فى التربة ماسوره من الصلب (غلاف) غالبا يكون قطرها الداخلى ٤٠ سم وسمكه ″٣/٤ والماسورة مجهزة عند نهايتها السفلى بقدم إما من حديد الزهر او من الخرسانه أو بفكين وهذان الفكان يكونان مغلقان تماما اثناء دق الغلاف وعندما يتم دق الغلاف وانزاله الى المنسوب المقرر يبدأ بملء الغلاف بالخرسانة كما هو مبين بالشكل ١٩٥ مع رفع الغلاف تدريجا وفى اثناء ذلك يفتح الفكان من تلقاء نفسيهما تحت تأثير ثقل الخرسانة

لانهما يتصلان بالغلاف بمفصلات ويجب ملاحظة أن تكون الماسورة بطول الخازوق المطلوب دقه على الاقل وأن تكون آلات الدق متينه وقوية ومجهزه باجهزة تسمح بسحب الغلاف من التربة فأذا كان الغلاف مجهزا بقدم من الحديد أو الخرسان

فيترك القدم فى التربه تحت الخرسانة أما اذا كان مجهزا بفكين فأن الفكين يرتفعان مع الغلاف لانهما متصلان به ويطلق على الفكين (فك التمساح) ومتى فتح الفكان تسقط الخرسانة التى بداخل الغلاف

وفى بعض الحالات يملأ الغلاف بالخرسانة مع سحب الغلاف تدريجيا دون دك الخرسان وفى حالات أخرى يصير دك الخرسان بمطرقة كلما القى بكمية منها داخل الغلاف ثم يسحب الغلاف ويلقى بكمية أخرى فتضغط بذلك التربة المحيطة ويزيد قطر الخازوق عن قطر الغلاف وبذلك يتكون مسطح تحميل اكبر من مسطح قطاع الغلاف عند قدم الغلاف وتستعمل خرسانة ١: ٢: ٤: ويكون الحصا من مقاس $\frac{٣}{٤}$ وتكون الخلطة ذات بلل معتدل

وامتيازات هذا النوع هى

دك الخرسانة بمطرقة يجعلها تتغلغل فى سطح التربة المحيطة والغير منتظمة الشكل ولا مستوية فيزيد بذلك مقدار الاحتكاك عن نظيره فى أى طراز آخر واحيانا تصبح التربة المنضغطة كانها جزء من الخازوق وبذلك يصبح سطح الاحتكاك اكثر انتظاما

وفى التربة الرخوة لدرجة كبيرة والتى تنهار مباشرة عقب سحب الغلاف يجب استعمال غلاف آخر يكون بمثابة قالب ويكون من الصلب الخفيف وله قطر اصغر فيدق الغلاف الاكبر ثم يلقى بجزء من الخرسانة داخله كسدادة ثم يصير انزال الغلاف الاصغر داخل الغلاف الاكبر مباشره ثم يجذب الغلاف الاكبر بعد ملئ الغلاف الداخلى بالخرسانة وبديهى أن الفراغ الذى سيترك بين الغلاف الاصغر والتربة بعد سحب الغلاف الأكبر سيملأ بانهيار التربة حول الغلاف الاصغر واحتلالها للفراغ الذى كان يشغلة الغلاف الاكبر

وقـدرة آلة الدق على سحب الغـــلاف هى التى تحدد الطـول الاقصى للخوازيق والمعروف أن طراز سمبلـكس فى انواع التربة الصلبـة المتماسـكة ارخص كلفة من الطرازات الاخرى

الخازوق ذو القاعدة Pedestal Pile

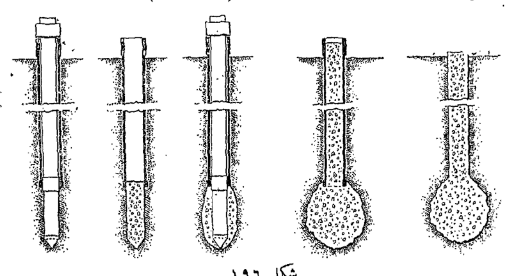
هو طراز سمبلـكس ادخل عليه بعض تعديلات باضافة قاعدة على شكل بصلة (Bulb) عند قدم الخازوق وهى من اختراع المستر (هنلى أبوت) والغرض من جعل القاعدة على هذا الشكل هو زيادة مسطح التحميل

وفضلا عن ذلك فأنه يمكن الاستفادة بقوة تحمل اكبر لأن قوة تحمل التربة تزداد كلما زاد العمق

والأجهزة التى تستعمل فى هذا الطراز مثـــل التى تستعمل فى طراز السمبلـكس ماعدا القدم أو الفكين فيستعمل فى حالة طراز هنـــلى ابوت غلاف مفتوح من أسفله يلبس لاسطوانة من الصلب على شكل كباس بحيث أن القطر الداخلى للغلاف يتفق مع القطر الخارجى للاسطوانة وتـكون الاسطوانة أطول من الغلاف بحيث تبرز قدمها عند قدم الغلاف بنحو ١٫٢٠م الى ١٫٥٠ م ونهاية الاسطوانة العليا ذات قطاع أكبر من قطاع رأس الغلاف بحيث ترتكز عليها أثناء الدق والشكل ١٩٦ يبين ذلك

والمعتاد أن يكون قطر الغلاف الداخلى ١٦″ ومن صلب سمك $\frac{3}{8}$″ ويبدأ بدق الغلاف والاسطوانة معا كجسم واحد فى التربة ثم تسحب الاسطوانة وتوضع كمية من الخرسانة داخل الغلاف ثم تستعمل الاسطوانة كـكباس لدك الخرسانة فتنضغط التربة جانبيا وعند مايلقى من الخرسانة مايكفى لتـكوين القاعدة تصب الخرسانة ويسحب الغلاف ويستعمل فى هذا الطراز خرسانة ١ : ٢ : ٤ عادة واذا استعملت مواسير قطر ١٦″ فأن قطر قاعدة الخازوق يكون ٩٠ سم وتـكون ذات مكعب نحو نصف متر من الخرسانة ولـكن هذا يختلف تبعا لطبيعة التربة

فأذا كانت التربة على جوانب الغلاف تختلف فى مقدار مقاومتها للانضغاط كأن يكون أحد الجوانب أقوى ومقاومته للانضغاط اكبر فأن شكل القاعدة يكون غير منتظم ولا متماثل بنسبة محور الخازوق ويتسبب عن ذلك أن رد الفعل على القاعدة يكون غير مركزى (Eccentric)



شكل ١٩٦

طريقة كمبرسول

عبارة عن عمل ثقب فى التربة بدكها بواسطة مطرقة سقطة على شكل مخروطى فتضغط التربة جانبيا ثم يملأ الثقب بالخرسانة أو بالرمال وتفضل الخرسانة وتدك الخرسانة بمندالة

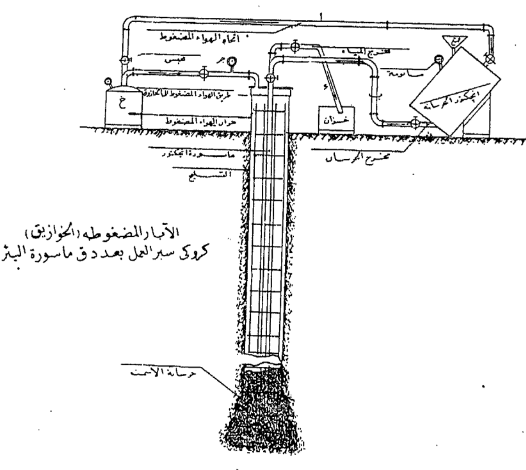
وفى حالات التربة الرخوة يستعمل غلاف لحفظ شكل التربة ومنع انهيارها وبعد عمل الثقب للعمق المناسب تملأ الخرسانة وتدك ويسحب الغلاف تدريجيا

طريقة استروس

تشبه طريقة الكمبرسول ولكن ثقب التربة فى هذه الحالة لايكون بواسطة دكها بمطرقة بل بواسطة ازالة التربة بماصة الحمأة (Sludge Pump) أو باى وسائل أخرى للثقب تبعا لطبيعة التربة وما يلائمها من وسائل الثقب ثم يملأ الثقب بالخرسانة وتدك الخرسانة بمطرقة دكا جيدا وهذا يزيد فى مقدار مسطح قاعدة الخازوق وتختلف الزيادة تبعا لقابلية التربة للانضغاط

الخوازيق المضغوطة Pressure Piles

يصير تغويص غلاف بازالة التربة من داخله بأى وسيلة من وسائل الثقب ويكون قطر الغلاف من ٢٥ سم الى ٥٠ سم تبعـــا للحمل الذى سيحمل به الخازوق ويغوص الغلاف عادة لغاية طبقة صلبة ومتى تم انزال الماسورة



شكل ١٩٧

توضع أسياخ التسليح داخل الغلاف ويقفل أعلا الغلاف قفلا محكما بسدادة بها ثقبين أحدهما لادخال الهواء المضغوط الى الغلاف والآخر لادخال الخرسانة المضغوطة بتأثير الهواء المضغوط والشـــكل ١٩٧ يبين الأجهزة المستعملة فبعد انزال الغلاف ووضع أسياخ التسليح يفتح المحبس الموصل من خزان الهواء المضغوط (خ) الى داخل الغلاف وتقفل باقى المحابس فيعمل الهواء المضغوط على كسح الماء الموجود داخل الغلاف

ثم يقفل المحبس سابق الذكر ويسلط الهواء المضغوط على خزان الخرسانة

المعبر عنه فى الرسم بانجكتر الخرسانة بعد وضع كمية من الاسمنت اللبانى بداخله وذلك بفتح المحابس الموصلة له وكذا تفتح المحابس الموصلة من خزان الخرسانة الى الغلاف فتضغط كمية الأسمنت اللبانى داخل التربة وتملأ مسام التربة حتى لا تمتص مياه الخرسانة وموتها ثم توضع الخرسانة داخل الخزان وتضغط بقوة الهواء المضغوط الى داخل الغلاف لتكوين قاعدة تحت قدمه بحيث يكون مسطحها اكبر من مسطح قطاع الغلاف بسبب انضغاط التربة التى حولها والاسمنت اللبانى والقاعدة يكونان أيضا بمثابة سدادة لمنع المياه التى ترشح من قاع الثقب ثم تلقى الخرسانة وتضغط بالهواء المضغوط الى داخل الغلاف ويلاحظ ان الغلاف يرفع أثناء القاء الخرسانة بفعل الهواء المضغوط على غطاء الغلاف وكلما ارتفع الغلاف ضغطت الخرسانة فى التربة المجاورة وهذا يزيد فى قطر الخازوق عن قطر الغلاف تبعا لمقاومة التربة بالانضغاط وقد يزيد قطر الخازوق الى أن يصبح ضعف قطر الغلاف

أنواع أخرى من الخوازيق

ويوجد أنواع أخرى مماثلة لما سبق شرحها

وأحيانا يستعمل الحقن بالأسمنت اللبانى وسليكات السودا حول الخازوق بعد الانتهاء من صبه ويكون الحقن على بعد متر من محور الخازوق وفى ارتفاع مترين من قدم الخازوق والغرض من ذلك هو ملء مسام التربة المحيطة بالخازوق وملء مسام خرسانة الخازوق نفسه ولكن ذلك لاينجح الا فى التربة المسامية كالحصا والرمال الحرشة أما فى التربة المندمجة فأن هذه الطريقة عديمة الاثر

عيوب الخوازيق التى تصب فى أماكنها من التربة

أهم الاعتراضات الموجهة الى هذه الخوازيق هو الاضرار والتلف الذى يصيب الخوازيق السابق دقها والتى لم تجف ولم تتماسك بعد وذلك بسبب الضغوط

التى تنشأ عن دق الغلافات أو القوالب للخوازيق المجاورة وحتى اذا تركت الغلافات فى الثقوب فان هذا لايمنع من احتمال حدوث اضرار بالخوازيق السابق دقها مع وجود الغلافات حولها وذلك لأن دق الغلافات المجاورة يكون فى الوقت الذى تبدأ فيه هذه الخوازيق تماسكها وقبل أن يتم هذا التماسك فيتسبب عن ذلك اهتزازات فضلا عن الزيادة فى ضغط التربة على الخوازيق السابق دقها بسبب انضغاطها بدق الغلاف المجاور وقد أجريت جملة اختبارات لمعرفة حالة الخوازيق بعد دقها وذلك بالحفر حولها

ففى احدى الحالات وجد أنه حدث تلف بالخوازيق كان منشؤه أن التربة من نوع شبه سائل فوجدت طريقها بين طبقات الخرسانة التى كانت تلقى لتكوين الخازوق وبذا قسمت الخازوق الى جملة أجزاء يفصلها عن بعضها نوع من التربة الرديئة

وفى بعض حالات أخرى وجد أن الخوازيق قد انثنت وانحرفت عن وضعها كما أنه وجد فى بعض الحالات أن قطاعات الخوازيق قد صغرت بنسب تختلف من ٢٠ ٪ الى ١٠٠ ٪

وفى احدى الحالات وجد أن الأسمنت لم يتماسك بسبب تفاعل كيمائى بينه وبين الماء الجوفى

ووجد أن دق الخوازيق فى مكان تختلف فيه طبقات التربة من حيث صلابتها وقابليتها للرشح يجعل الخازوق عرضة للتلف مالم يحفظ فى غلاف يترك فى التربة ويرجع ذلك الى رشح المياه من بعض الطبقات التى تحويها وكسح كميات من الأسمنت قبل شك الخرسانة كما أن الرطوبة الموجودة فى الأسمنت واللازمة لتماسكه وتجمده قد تتسرب الى بعض طبقات التربة الاخرى الغير قاطعة للماء واذا رؤى ضرورة عمل تسليح لأى من الانواع السابقة فيفضل عمل التسليح دفعة واحدة على شكل قفص ثم يدلى باعتناء داخل الثقب وفى مكانه تماما وذلك أضمن من وضع أسياخ منفصلة

الخوازيق المركبة Compound piles

قد استعملت خوازيق خرسانية مفرغة سبق أن صبت فى قوالب وبعد دقها ملىء فراغهـا بخرسانة من نوع ضعيف وتكون هذه الخوازيق عادة من قطاع كبير للاقتصاد فى عدد الخوازيق ويكون رفعها بواسطة الجمة Slings لتقليل الجهود الناشئة عن عزم الانثناء

وقد استعملت أنواع أخرى مكونة من اجزاء خرسانية مسلحة ومفرغة انزلت داخل غلاف من الصلب له قدم من الزهر يترك فى الثقب ثم يملأ الغلاف الخرسانى المسلح بخرسانة وينزع الغلاف الصلب

كما وانه استعملت خوازيق خشبية لغاية منسوب الماء الجوفى واكمل باقى طول الخازوق بخرسانة ولكن هذا النوع غير مستحب

انتخاب نوع الخوازيق الخرسانية

يجب أن ينتخب نوع الخوازيق لكى يلائم الظروف الملابسة لكل حالة فيدرس الموقع وطبيعة التربة وذلك لضمان أمن الأساسات والمبانى مع أقل تكاليف ممكنة واستعمال نوع من الخوازيق لا يلائم الحالة هو أحد أمرين اما اسراف فى التكاليف دون مقابل أو تهاون فى ضمان سلامة البناء فأذا كانت الخوازيق ستحمل منشآت فى مجرى مائى أو فى البحـــار أو المحيطات كما هو الحال فى بغال الكبارى وفى أحواض المراكب وأرصفة الموانىء فأن الخوازيق فضلا عن انها تعمل عمل الأعمـــدة فهى معرضه للجهود التى تنشأ عن عزم الانثناء ويجب أن تصمم على أن تقاومهـــا ولذا فالخوازيق السابق صبها هى أصلح الانواع لمثل الأعمال السابق بيانهـا ويجب أن يعمل الجزء البارز منها فوق الأرض بقطاع غير مسلوب وفى بعض الحالات يعمل الخازوق فى كامل طوله غير مسلوب

تاثير سلب الخوازيق

جعـــل الخازوق مسلوبا أو على شكل خابور (Tapered) له أهميته في الأراضى الرملية والتى يعتمد فيها على المقاومة بالاحتكاك فقط

فأذا فرضنا خازوقين أحدهما مسلوب والآخر ذو قطاع منتظم ولهما طول واحد وحجم واحد وقارنا بين تأثيرهما على التربة

أما الخازوق المسلوب فدقه فى التربة يتسبب ضغطها فى جزئها الأعلى بدرجـــة أكبر مما تضغط به التربة فى الجزء الأسفل وذلك لأن سطح الخازوق المتصل بالتربة فى الجزء الأعلا وقطاعه أكبر من نظيريهمـا فى الجزء الأسفل وينشأ عن ذلك أن حجم التربة الذى يندمج حول الخازوق يكون فى جزئه الأعلا أكبر من نظيره فى جزئه الاسفل أى أن حجم الفجوات الذى يملأ فى التربة فى الجزء الاعلا أكبر من نظيره فى الجزء الاسفل

وينشأ عن ذلك أن دق الخازوق المسلوب يزيد فى قوة تحمل التربه عند سطح الارض بنسبة أكبر من التى يزيد بها قوة تحمل التربة عند قاعدة الخازوق وفى الوقت نفسه يجعل سطح التحميل عند قدم الخـازوق اصغر منه فى الخوازيق المنتظمة القطاع

ولما كان الاعتماد هو على قوة تحمل التربة عند قدم الخازوق لان قوة تحمل التربة عند سطح الارض مهددة دائما بالنقصان بفعل عوامل كثيرة منها

١ ــ الحفر لأعمال مجاورة لأعماق صغيرة فهذا يقلقل التربة ويضعف قوة تحملها فى الجزء الاعلا من الخازوق

٢ ــ مياه الفيضانات تقلل من قوة تحمـــل التربة بالقرب من سطح الارض فالاعتماد اذن على قوة تحمـل التربة بالقرب من سطح الارض يعرض المنشآت للخطر

أما الخوازيق المنتظمة القطاع فأن مسطح التحميل فيها يكون عند قدم الخازوق أكبر من نظيره فى القطاع المسلوب كما وأن تأثير ضغطـه للتربة

يكون منتظما حيث أن جسم الخازوق منتظم

أما تأثير الخازوق المسلوب على المقاومة بالاحتكاك فأنه نظرا لكبر محيطه فى جزئه الاعلا عن جزئه الاسفل فمقدار الاحتكاك فى الجزء الاعلا يكوّن نسبة كبيرة من مجموع قوة الاحتكاك المقاومة وعليه فوجود طبقة رملية من التى يعتمد عليها فى المقاومة بالاحتكاك بالقرب من سطح الارض مما يغرى على دق خوازيق مسلوبة لاستغلال هذا المقدار الكبير من الاحتكاك

وهذا بخلاف الخوازيق المنتظمه القطاع فأن توزيع المقاومة بالاحتكاك فى طول الخازوق يكون منتظما حيث أن محيط قطاعه منتظم

اما اذا كانت الرمال معرضة للنحر بأن تكون فى قاع النهر مثلا وكذا اذا امكن الحصول على الاختراق والاحتكاك اللازمين دون سلب الخازوق فيحسن استعمال خازوق منتظم القطاع

امتيازات الخوازيق السابق تشكيلها

للخوازيق السابق تشكيلها امتيازات خاصه فى انواع التربة الرملية والرملية الزئبقية او فى التربة المركبة من رمال وحصا او فى التربة الطينية وبوجه عام فى انواع التربة المسامية والكثيرة الفجوات لانه فى مثل هذه الانواع من التربة يسهل استخدام النافورات بنجاح

وللخوازيق السابق تشكيلها امتياز آخر فأنه عندما يخترق الخازوق طبقات رخوة الى طبقة صلبة يجب تسليح الخازوق لمقاومة الضغوط الجانبية ولذا يحسن استعمال الخوازيق السابق تشكيلها حيث انها كلها مسلحة وانه من السهل المحافظة على مواضع الاسياخ اثناء صبها بخلاف الخوازيق التى تصب فى اماكنها فلا يضمن فيها عدم زحزحة التسليح

ويجب ان لا يغرب عن البال انه اذا دقت خوازيق من الخرسانة العادية فى تربة من الطين الجامد (Stiff Clay) ثم حملت الارض بالقرب من الخازوق باحمال كبيرة فأنه تحدث ضغوط جانبية يتسبب عنها عزم انثناء كبير لا يمكن لخازوق غير مسلح أن يقاومها بأمان

وقد يصادف المهندس تربة طينية ذات عمق كبير تصبح الطبقة العليا منها رخوة مدة الفيضان بفعل الماء بينما تكون صلبة فى زمن التحاريق بحيث يتعذر دق الخوازيق فيها فللتأسيس على تربة كهذه يجب دق خوازيق فيها ولو أن مظهرها فى غير زمن الفيضان يدل على انها تصلح للتأسيس عليها إلا أن هذا مظهر خادع والتأسيس عليها دون دق خوازيق يعرض البناء لخطر التصدع فى زمن الفيضان

ولدق خوازيق فى مثل هذه التربة فى زمن التحاريق يعمل ثقب من قطر مناسب فى الطبقة التى يصعب اختراق الخوازيق لها بأحد وسائل الثقب كالمثقاب مثلا (Auger) أو بالوسائل التى تلائم حالتها ثم تدق خوازيق من السابق تشكيلها بحيث تكون ذات قطاعات تملأ الثقوب التى تعمل لهذا الغرض وحتى لا يوجد فراغ بين الخازوق والثقب يتسرب منه الماء داخل الثقب فيقلل من قيمة عمل الخازوق

فأذا اظهرت المباحث التى تعمل على طبقات التربة وجود طبقة من الرمل الزئبق او انواع اخرى من التربة الرخوة الغير متماسكة والتى تنهار بمجرد حفرها اذا لم تسند ففى هذه الحالة لا تعمل خوازيق تصب فى اماكنها إلا اذا ترك الغلاف داخل التربة ولم تنزع لأنه اذا نزعت الغلافات عقب صب الخرسانة فأن ضغط التربة بسبب نزوعها الى الانهيار يتغلب على مقاومة الخرسانة الحديثة فيتلفها وفى هذه الحالة يستعمل غلاف ذو قطاع منتظم لضمان قاعدة تحميل ذات مسطح كاف

اما اذا كانت طبقات التربة العليا من الانواع المتماسكة التى تحفظ نفسها من الانهيار ريثما يتم صب الخرسانة وتماسكها فأنه يمكن استعمال خوازيق تصب فى اماكنها مع نزع الغلاف تدريجيا

فأذا كانت الطبقات العليا رخوة ومعظم التحميل على الطبقة الصلبة التى يرتكز عليها قدم الخازوق فيجب تكبير قطاع الخازوق عند قدمه كما هو الحال فى خوازيق

(هنلى ابت) وفى حالة كهذه يحسن تسليح الخازوق ويلاحظ عدم استعمال هذا النوع إلا اذا كانت التربه متجانسة حول الخازوق خوفا من تأثير القوة الغير مركزية

وكل الخوازيق التى تصب فى أماكنها تحتاج الى تحفظات خاصة فلا يدق غلاف أو قالب لخازوق ما على مسافة معينة من خازوق سبق دقه قبل أن يتم هذا الخازوق من جفافه وتماسكه

وفى الأراضى الجامدة الكبيرة المقاومة للانضغاط الجانبى (Tough, leathery) والتى ترتفع ذراتها الى أعلا بسبب دق خوازيق مجاورة فانه من الخطر أن يستعمل فيها خوازيق من التى تدق فى أماكنها وفى مثل هذه التربة تستعمل الخوازيق بقطاع منتظم

وفى الأراضى القابلة للانضغاط ولكنها ليست رخوة فى الطبقات العليا والتى تزداد درجة صلابتها كلما زاد العمق فيمكن استعمال أى نوع من أنواع الخوازيق فيها بتحفظات ملائمة مع ملاحظة جعل الخوازيق ذات قطاع منتظم وذلك لضمان مسطح تحميل أكبر عند قدم الخازوق وفى الوقت نفسه لضمان أكبر مقدار من مقاومة الاحتكاك عند الجزء الأسفل من الخازوق

فاذا كانت التربة رخوة الى عمق كبير ولكن درجة رخاوتها تقل ببطء كلما زاد العمق بحيث أن الخازوق يعتمد على وجه التقريب فى مقاومة الأحمال على الاحتكاك فقط ففى هذه الحالة يوجد عاملين يحددان ما اذا كان استعمال خوازيق ذات قطاع منتظم انسب أو استعمال خوازيق ذات قطاع مسلوب وبما أن محيط الخازوق ذى القطاع المنتظم لا يزيد إلا قليلا عن الخازوق ذى القطاع المسلوب اذا تساوى الخازوقين فى الحجم والطول فان الخازوق الأول يمتاز بأن نسبة مقاومة الاحتكاك فى جزئه الأسفل اكبر حيث ان الاحتكاك أكبر مقداراً من نظيره فى الخازوق الثانى

بينما الخوازيق المسلوبة القطاع تمتاز بأن قطاعها عند الرأس أكبر أى ان المسطح الذى ينقل ويوزع الضغوط اكبر من نظيره فى الخوازيق المنتظمة القطاع وهذه الخاصية قد تتسلط فى تحديد نوع الخازوق الذى يستعمل وبصفة

عامة فالخازوق ذو القطاع المسلوب تكون قوة التحمل فيه على اى عمق متساوية تقريباً فى كامل طوله نظراً لصغر قطاعه كلما زاد عمقه مع زيادة قوة تحمل التربة كلما زاد العمق

والخوازيق السابق صبها تفضل الخوازيق التى تصب فى امكانها لأنه يسمح لها بالمدة الكافية لتجفيفها وتماسكها قبل دقها وفى الوقت نفسه يمكن معاينتها ومشاهدتها وأى عيوب فيها تكون ظاهرة ولذلك فالمفروض ان قوة تحمل الخوازيق السابق صبها على وحدة السطوح اكبر من نظيرتها فى الخوازيق التى تصب فى اماكنها

ومع كل ماسبق بيانه من تحبيذ الخوازيق الخرسانية فانه لايزال يوجد مجال لاستعمال الخوازيق الخشبية وبالأخص فى اراضى المستنقعات (Marshyland)

مواصفات للخوازيق الخرسانية

يجب عدم دق الخوازيق قبل مضى ٣٠ يوما من صبها ولذا يجب تنميرها ووضع تواريخ صبها عليها

يجب ان يكون التسليح كافيا للأغراض السابق بيانها

يجب ان تكون الخوازيق مستقيمة ومقاس ابعادها حسب التصميم وخالية من الشروخ والتسويس او اى عيوب أخرى

يجب أن تجهز باقدام من الصلب تتصل وتثبت فى أسياخ التسليح

يجب عمل التسليح كله مرة واحدة على شكل تقفيصة ووضعها فى القالب فى الموضع المحدود لها تماما

يجب زيادة نسبة الاسمنت عند رأس الخازوق بمقدار ٢٥ ٪

يحسن أن تغلف الخوازيق التى تصب فى أماكنها بغلافات دائمة تترك فى التربة لمقاومة الاثر الذى يحدثه دق خوازيق مجاورة ولمنع تأثير المياه الجوفية على الخرسانة ولمنع هروب مياه الاسمنت فى الطبقات المجاورة

والخوازيق سواء من السابق صبها أو من التى تصب فى أماكنها يجب

أن تسلح بحيث تقـــاوم القوى المائلة فى حالة ما تستعمل فى الاكتاف والحوائط الساندة والعقود

يجب أن يدق كل خازوق الى درجة الامتناع ويجب أن يسمح طول الخازوق بالوصول لهذه الدرجة

اذا أريد دق الخوازيق الى منسوب أوطى من عقب آلة الدق فيستعمل وسيط أو تبع داخل ماسورة ثابتة فى مكانها

وتدق الخوازيق بمطارق بخار مجهزة بقاعدة تضمن حماية رأس الخازوق

يجب دق الخوازيق فى المواضع المعينة على المساقط الأفقية

الخوازيق يجب ان تدق رأسية تماما ماعدا المائلة فيجب ان تدق على الميل المحدد لها

نسب الخرسانة تكون ١ : ٢ : ٤ مالم تستدعى حالة العمل خلاف ذلك

يحسن ان تدق الغلافات الدائمة والمجاورة لكل خازوق قبل ملئه بالخرسانة ولذا يجب ان تكون اسماك الغلافات كافية لمقاومة الضغوط التى يحدثها دق غلافات مجاورة

يحسن تسليح الخوازيق التى تصب فى اماكنها

يجب انزال الخوازيق بالنافورات كلما رؤى ضرورة لذلك

قوانين حساب قوة تحمل الخوازيق الخرسانية

نظراً لكبر ثقل الخازوق الخرسانى فيجب ادخاله ضمن قوانين قوة التحمل كعامل يؤثر فيها

ومن هذه القوانين خلاف القوانين الواردة بصحيفة ٢٥٤ قانون (يوتلون)

$$\text{ص}_{١} \text{ حمل الأمن} = \frac{\text{و}^{٢} \times \text{ع}}{\text{خ}\left(١ + \frac{\text{و}_{١}}{\text{و}}\right)}$$

و = ثقل المطرق

$\text{و}_{١}$ = ثقل الخازوق

ع = الارتفاع للسقطة

خ = معدل الاختراق

قانون ريتر

$$\text{أقصى حمل} = \frac{\text{و}}{\text{و} + \text{و}_{١}} \times \frac{١٢ \ \text{و} \cdot \text{ع}}{\text{خ}} + \text{و} + \text{و}_{١}$$

الخوازيق التى تصب فى اماكنها يمكن حساب قوة تحملها من درجة الامتناع التى يصل اليها الغلاف أثناء دقه

قانون بركس لحساب قوة تحمل الخوازيق من واقع البيانات التى تعرض أثناء دق الخازوق وفيما يلى برهان القانون

اذا كان أقصى حمل على الخازوق هو ص

حمل الأمن	=	$\text{ص}_{١}$
معامل الأمن	=	ل
ع	=	ارتفاع السقطة
و	=	ثقل المطرقة
$\text{و}_{١}$	=	ثقل الخازوق
ى	=	الجاذبية

فاذا فرضنا أن كلا من الخازوق والمطرقة (Non Elastic) وأنهما بعد أن تصيب المطرقة رأس الخازوق يتحركان بسرعة واحدة ($\text{ر}_{١}$) مثلا

فاذا كانت ر هى سرعة المطرقة أثناء سقوطها قبل تصادمها مع رأس الخازوق فان تصادم الجسمين (Momentum) يكون ثابتا

$$\text{أى أن} \ \frac{\text{و}}{\text{ى}} \times \text{ر} = \frac{\text{و} + \text{و}_{١}}{\text{ى}} \times \text{ر}_{١}$$

ولكن الطاقة الناشئة عن الحركة عند ما تصيب المطرقة رأس الخازوق مساوية للطاقة الوضعية قبل سقوط المطرقة

$$\text{أى أن} \ \frac{\text{و}}{\text{ى}} \times \frac{\text{ر}^{٢}}{٢} = \text{و} \times \text{ع}$$

الطاقة التحركية للجسمين بعد التصادم

$$\text{ط} = \frac{\text{ن} + \text{ن}_{١}}{\text{ء}} \times \frac{\text{ر}_{١}^{٢}}{٢}$$

$$= \frac{\text{ن} + \text{ن}_{١}}{٢\,\text{ء}} \times \frac{\text{ن}^{٢}}{(\text{ن}+\text{ن}_{١})^{٢}} \times \text{ر}^{٢}$$

$$= \frac{\text{ن}\,\text{ر}^{٢}}{٢\,\text{ء}} \times \frac{\text{ن}}{\text{ن}+\text{ن}_{١}}$$

$$= \text{ن}\,\text{ع} \times \frac{\text{ن}}{\text{ن}+\text{ن}_{١}}$$

وهذه الطاقة تقاوم بالاحتكاك (ح) وفى الوقت نفسه تجعل الخازوق يخترق التربة فعند إلوصـــول لدرجة الامتناع يكون ح = ص

فأذا كان مقدار مقاومة الاحتكاك عند درجة الامتناع = ح = ص

الاختراق فى آخر دقة = خ

$$\therefore\ \text{ح} \times \text{خ} = \text{ن}.\text{ع} \times \frac{\text{ن}}{\text{ن}+\text{ن}_{١}} = \text{ص} \times \text{خ}$$

$$\text{ص} = \frac{\text{ع}}{\text{خ}} \times \frac{\text{ن}^{٢}}{\text{ن}+\text{ن}_{١}}$$

وباستعمال معامل الأمن ل

فأن $\text{ص}_{١}$ حمل الأمن $= \frac{\text{ص}}{\text{ل}} = \frac{\text{ع}}{\text{ل}.\text{خ}}\left(\frac{\text{ن}^{٢}}{\text{ن}+\text{ن}_{١}}\right)$

$$= \frac{١}{\text{ل}} \times \frac{\text{ع}.\text{ن}}{\text{خ} + \frac{\text{خ}\,\text{ن}_{١}}{\text{ن}}}$$

وهذه المعادلة تلم بكل العوامل المؤثرة ماعدا المرونة وهى تقرب جدا من النتائج العملية خصوصا فى الخوازيق الخرسانية لأن فى هذه الحالة تأثير المرونة يكون صغيرا جدا

ودرجة الامتناع تقاس من آخر ستة ضربات والاعتراض الوحيد الموجه

لهذا القانون المسمى بقانون (بركس) وكذ القوانين المماثلة له هو أنه يشتمل على وزن الخازوق وهذا عادة غير معروف وعلى ذلك فقانون ولنجتون يفضله

ويحسن عدم الاعتماد على نتائج هذه القوانين وتحميل خوازيق اختبار لمعرفة مقدار قوة تحمل الخوازيق

الاساسات المحملة على خوازيق

اذا كانت قوة تحمل التربة صغيرة جدا بحيث يستدعى الحال عمل أساسات ذات مسطحات كبيرة فمن المستحسن دائما استعمال خوازيق تدق الى طبقة صخرية أو الى عمق كبير بحيث تقاوم الخوازيق ماعليها من الاحمال بالاحتكاك الجانبي

والفرق فى تصميم الاساسات المحملة على خوازيق والاساسات المحملة على التربة ينحصر فى أنه فى الثانية يقسم الحمل على قوة تحمل التربة لايجاد مسطح الاساس أما فى الاولى فأن رد الفعل لكل خازوق يعتبر كانه حمل مركز مساو لحمل الأمن المسموح لهذا الخازوق أى يقسم الحمل الكلى (الحمل الدائم مضافا اليه الحمل الحى) على عدد الخوازيق التى ستحمل البناء ويعتبر هذا الحمل كانه حمل الامن للخازوق ومن ذلك يحدد قطاع الخازوق وطوله

وتوضع الخوازيق على مسافات بحيث تكون الاحمال الواقعة على كل خازوق مساوية للواقعة على كل من الخوازيق الاخر فأن تعذر ذلك فيجب حساب الحمل الواقع على كل خازوق على حدة وتوصل رؤوس الخوازيق عادة بكمر من الخرسانة المسلحة لتوزيع الاحمال توزيعا منتظما بقدر المستطاع أو نقل الاحمال الى الخوازيق اذا كانت الكمرة معلقة أما اذا كانت الكمرة مرتكزة على التربة فأن جزءاً من الحمل ينقل الى التربة وبذلك يختلف مقدار الحمل الواقع على كل خازوق

وبتوصيل رؤوس الخوازيق بكمرات يضمن لحد ما منع الهبوط الغير

منتظم فأذا كان فى نقطة من البناء حمل مركز كبير المقدار فيصير تحميله على مجموعة من الخوازيق بحيث يصير مايخص كل خازوق من المجموعة مساو لما يخص كل من الخوازيق الباقية التى تقوم بحمل الاجزاء الباقية من البناء

ويعتبر كل الحمل واقعا على الخازوق فقط دون التربة اذا دقت الخوازيق الى طبقة صخرية صماء لان الخوازيق بذلك تصبح غير قابلة للهبوط وبذا لايحدث ضغط على التربة التى تحت الكمر ويعمل سمك كمر الاساس بحيث يغطى ١٥ سم من رأس الخازوق وهذا الجزء من سمك الكمر يهمل عادة عند حساب مقاومة الكمر ويجب أن تحدد مسافات الخوازيق من بعضها بمقدار ٧٥ سم للخوازيق الخشبية و ٩٠ سم للخوازيق الخرسانية مالم تدق الخوازيق بحيث تكون الخوازيق المكونة لاحد الصفوف تتخلل المسافات التى بين الخوازيق التى فى الصفوف المجاورة فيسمح فى هذه الحالة بجعل المسافات بين الخوازيق لاتقل عن ٦٧ سم للخوازيق الخشبية و ٨٢ سم للخوازيق الخرسانية

ويراعى أن تقطع رؤوس الخوازيق الخشبية تحت منسوب المياه الجوفى ويقدر حمل الامن للخوازيق من القوانين الخاصة بذلك والتى تعتمد على البيانات التى يحصل عليها أثناء دق الخوازيق فى عمليات التجارب والمتبع أن يفرض أولا مقدار يعتبر كحمل أمن للخازوق ولكن التصميم النهائى للخازوق يعمل من واقع القوانين ويعتبر عادة حمل ٢٠ طن كأنه حمل أمن للخوازيق الخشبية

اما الخوازيق الخرسانية فيلاحظ فيها أن لا يزيد حمل الامن عن مقدار يتسبب عنه جهود أكثر من جهد الضغط المسموح للخرسانة العادية والذى يفرض أن مقداره يساوى ٢٨ كجم / سم٢

مثال تطبيقى

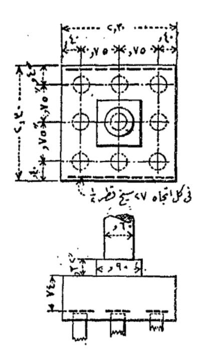
فلنفرض عامودا محملا على خوازيق موضوع فوق رؤوسها فرش تحت قدم العامود كما هو مبين بالشكل (١٩٨)

شص = ١٠٠٠ كجم / سم^{٢} ، ضخ = ٤٠ كجم / سم^{٢}

ولتفرض ان الحمل المستديم هو = ٩١٠٠٠ كجم عند قدم العامود

الحمل الحى = ٩٥٠٠٠ كجم عند قدم العامود

مجموع الحمل = ١٨٦٠٠٠



شكل ١٩٨

فلنفرض ان الحمل المنقول الى الخوازيق هو كل الحمل المستديم مضافا اليه ٧٥٪ من الحمل الحى وهذا يساوى

الحمل المستديم = ٩١٠٠٠ كجم

٧٥٪ من الحمل الحى = ٧١٢٥٠ كجم

= ١٦٢٢٥٠ كجم

فاذا فرضنا أن حمل الأمن لكل خازوق هو ٢٠ طن أو ٢٠٠٠٠ كجم فان عدد الخوازيق يكون

$$\frac{١٦٢٢٥٠}{٢٠٠٠٠} = ٨,١١$$ أى ٩ خوازيق

يصير وضعها على مسافات مقدارها ٧٥ سم بين محاورها فى كل اتجاه وجعل

البروز عن محور الخازوق الخارجى ٤٠ سم ولنفرض أن الخوازيق توضع على ثلاثة صفوف فى كل صف ثلاثة خوازيق

فيكون الفرش الذى فوق رؤوس الخوازيق مربعا كل ضلع من أضلاعه

= ٠٫٤٠ × ٢ + ٠٫٧٥ × ٢ = ٢٫٣٠ م

ولحساب سمك الاساس من قانون الثقب

نفرض ان قطاع العامود دائرى وقطره ٦٠ سم

ى = قث / ط ا قث ولكن قث = ١٨٦٠٠٠ — ١٨٦٠٠٠ / ٩ = ١٦٥٣٣٤ كجم

ى = ١٦٥٣٣٤ / (٦٠ × ٣٫١٤٦ × ٨٫٣) = ١٠٥٫٧ سم

فاذا عمل الاساس من درجتين بحيث يكون مسطح الدرجة العليا ٩٠ × ٩٠ سم فان سمك الدرجة السفلى اللازم لمقاومة الثقب حول محيط الدرجة العليا يحسب كما يأتى

ى١ = ١٦٥٣٣٤ / (٤ × ٩٠ × ٨٫٣) = ٥٥ سم

وقد روعى خصم الحمل الواقع على الخازوق الذى بمنتصف الاساس على اعتبار انه يقاوم جزءاً من الحمل المسبب للثقب برد فعل مساو لمقدار الجزء الذى خصم .

اختبار الاساس لمقاومة الشد القطرى

اذا اعتبرنا أن خازوقين فى كل جانب يسببان القطر فان سمك الدرجة السفلى يحسب كما يأتى

ى = (٢ × ٢٠٦٦٦٫٦٧) / (٢٫٨ × ٠٫٨٧٥ × ٢٣٠) = ٧٣٫٣ سم

ومن النتائج السابقة لاسماك درجات الاساس يمكن استعمال درجتين السفلى

سمك ٧٤ سم والعليا سمك ٣٢ سم ليكون مجموع سمك الاساس تحت العامود ١٠٦ سم وهذا هو السمك العامل للاساس من سطح الاساس الى محور أسياخ التسليح التى على ارتفاع من رؤوس الخوازيق مقداره ٣ سم

ويجب أن يغطى الاساس رؤوس الخوازيق بخمسة عشر سنتيمترا فيكون مجموع سمك الاساس ١٠٦ + ٣ + ١٥ = ١٢٤ سم

ولا يجاد مسطح أسياخ التسليح يؤخذ عزم الانثناء عند حافة الدرجة العليا من الاساس

ع = ٢ × ٢٠٦٦٦٫٦٧ × ٣٠ = ٢٫٠٠٠٠ ١٢٤٠٠٠٠ كجم سم

$$س = \frac{١٢٤٠٠٠٠}{٧٤ \times ٨٧٥} = ١٩٫١ \text{ سم}^٢$$

فأذا استعملنا أسياخ من قطر $\frac{١}{٢}$ً يكون عدد الاسياخ ١٦ فى كل اتجاه

ولاختبار الاسياخ للتماسك

$$جت = \frac{٢٠٦٦٦٫٦٧ \times ٢}{٣٫٩٩ \times ١٦ \times ٧٤ \times ٫٨٧٥} = ١٠ \text{ كجم/سم}^٢$$

وحيث أن جهد التماسك المأمون هو ٦ كجم/سم٢

فيكون العدد اللازم هو $\frac{١٦ \times ١٠}{٦} = ٢٧٫٧$ أى ٢٧ سيخا قطر $\frac{١}{٢}$ً

مثال تطبيق — لحساب كمر الاساس (السملا) وهو الكمر الموصل بين رؤوس الخوازيق شص = ١٠٠٠ كجم/سم٢ ؟ ضخ = ٤٠ كجم/سم٢

نفرض بناءا ارتفاع الدور الارضى فيه ٥ أمتار وأن البناء مشيد على أعمدة من الخرسانة المسلحة وحوائط من المبانى بصفة حشو بين الأعمدة سمكها ٠٫٥٠ متر وثقل المتر المكعب منها ٢٫٠٠٠ طن فأذا كانت المسافة بين كل عامودين ٦ أمتار وقطاع العامود ٠٫٥٥ × ٠٫٥٥ متر والمسافة بين محاور الخوازيق ٣٫٠٠ أمتار فما هو عرض كمر الاساس وما هو مقدار التسليح اللازم له

الحل ـ عرض السملا = عرض الحائط + بروز مقداره (٥) سم فى كل من الاتجاهين

= ٥٠ + ٢ × ٥ = ٦٠ سم

الحمل المؤثر فوق كمر الاساس = ثقل مربع من المبانى التى فوقه ضلعه مساو للمسافة بين محورى الخازوقين

أو ثقل المستطيل من المبانى الذى أحد أضلاع المسافة بين محورى الخازوقين والضلع الآخر هو ارتفاع الدور وذلك اذا كان الاخير أصغر فى المقدار من الاول

من ذلك يكون الحمل المؤثر فوق كمر الاساس هو كما يأتى

ع = ٣ × ٣ × ٥ر٠ × ٢ = ٩ طن

ع عزم انثناء الكمر = $\frac{٩ \times ٣}{٨}$ = $\frac{٢٧}{٨}$ = ٣٨ر٣ طن م = ٣٣٨٠٠٠ كجم سم

ارتفاع كمر الاساس ء = $\sqrt{\frac{٣٣٨٠٠٠}{٦٠}}$ = ٣٠ سم السمك العامل

يضاف الى ذلك ٧ سم غطاء بالخرسانة فيكون ارتفاع الاساس كله = ٣٧ سم

ر مسطح قطاعات الاسياخ = $\frac{ع}{٨٧٥ء}$ = $\frac{٣٣٨٠٠٠}{٨٧٥ \times ٣٠}$ = ٩ر١٢ سم٢

اذا استعملنا أسياخ من قطر $\frac{٣}{٤}$ بوصة يكون عدد الاسياخ هو ٥ ويجب التسليح بركابات ولنعتبر أن قطاع الركابات هو ١٠ ٪ من أسياخ التسليح فى المتر الطولى ويجب أن لا تكون الركابات على مسافات من بعضها أكبر من نصف سمك الاساس أى $\frac{٣٧}{٢}$ = ٥ر١٨ سم

طول الركابات فى المتر الطولى = $\frac{٦ \times ٣٧ \times ١}{٥ر١٨}$ = ١٢ مترا

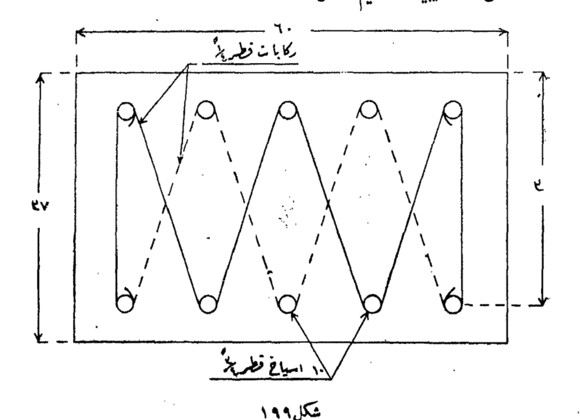
ومسطح قطاعات الركابات يمكن الحصول عليه من المعادلة الآتية

$\frac{١}{١٢}$ (١٠ × ٨٢ر٢) × ١٠٠ = ر، × ١٠٠٠

ومنها $r_1 = \frac{٢٨٢}{١٠٠٠} = ٠,٢٨٢$ سم٢

أى يستعمل للركابات حديد مبروم من قطر ¼"

والشكل ١٩٩ يبين تصميم الكمر



شكل ١٩٩

الخوازيق المعدنية

الخوازيق الانبوبية ـ على جملة اشكال منها خوازيق من الخرسانة العادية أو المسلحة مغلفة بغلاف معدنى عبارة عن ماسورة من الصلب ويكون الغلاف من أى قطر ولكن القطر العادى هو ٩" ومن سمك ¼" الى ⅜" وهذا النوع يستعمل غالبا فى التنكيس لتقوية الاساسات وبما أن فى حالات التنكيس يكون الفراغ عادة محدودا ولا يكفى لاستعمال غلاف طويل فالمعتاد أن تستعمل الغلافات من قطع أطوالها قصيرة توصل ببعضها وقت دقها وتختلف أطوال القطع من ٥' الى ٢٠'

ونهايات الغلافات تكون عمودية تماما على محور الغلاف لضمان رأسية الخازوق ولايجاد قاعدة تحميل لتوزيع الحمل بانتظام وتجهز القطع عند

الوصلات بأكمام معدنية لا تقل فى طولها عن ضعف القطر الداخلى وتجهز القطعة السفلى من طول الخازوق بقدم على شكل مخروط مجوف من الصلب أو الزهر بحيث يمكن معه استعمال النافورة المائية وينزل الغلاف عادة بالطرق التى تستعمل فى الخوازيق واذا استعملت فى التنكيس يجب انزالها بالعفريت المائى وبدون أدلة وتجهز رأس الغلاف بغطاء الوقاية من ضربات المطرقة

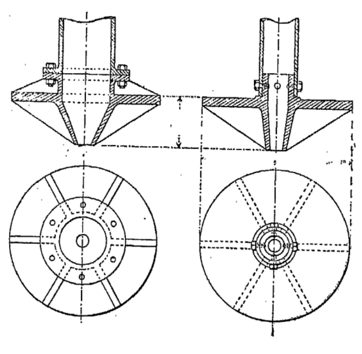
وفى بعض انواع التربة وخصوصا الرملية لا يجهز الغلاف بقدم كالسابق وصفه ويزال الرمل من داخل الغلاف كلما تقدم انزال الغلاف ويمكن استعمال هذا النوع من الخوازيق لاطوال تبلغ نحو ٢٥ مترا مع المحافظة على وضع الخازوق الرأسى وبعد ان يتم انزال الغلاف يصير ادخال انبوبة من صلب قوى داخل الغلاف

واذا كان انزال الغلاف فى تربة رخوة بدون استعمال قدم للغلاف فأن الخرسانة التى تصب يصير دقها لتكوّن قاعدة تحميل أكبر عند قدم الخازوق والغلافات لا تعيش كثيرا نظرا لفعل المياه الذى يسبب صدأها وتآكلها وكذا تأثير الكهرباء Electrolysis واذا أريد تسليح الخازوق فيعمل التسليح فى الخارج على شكل تقفيصة ثم يصير انزاله رأسيا داخل الأنبوبة قبل صب الخرسانة ويحسن الاختبار بادخال لمبة كهربائية داخل الانبوبة للتأكد من رأسيتها قبل صب الخرسانة فاذا وجد أن ازالة التربة من داخل الغلاف أو الانبوبة قد يؤثر على سلامة المنشآت المجاورة فيحسن انزال الغلاف الى طبقة صخرية أو طبقة صلبة ثم يصير ازالة التربة بعد ذلك ويلقى بجزء من الاسمنت الجاف داخل الانبوبة وتوضع أسياخ التسليح ويحسن ملء الانبوبة بالماء لمقاومة الضغوط الخارجية اذا رؤى ضرورة لذلك وبعد ان يشك الاسمنت يصير رفع المياه وملء الانبوبة بالخرسانة

الخوازيق ذات القرص وذات القلاووظ

الخازوق ذو القرص — هو عبارة عن ماسورة مجهزة عند قدمها بقرص لامداد الخازوق بقاعدة تحميل كبيرة وقد استعمل هذا النوع من الخوازيق

بكثرة فى أعمال المحيطات والموانىء التى فيها مقدار الاختراق صغيرا والتى يكون فيها القاع معرضا للنحر وعلى كل حال يجب أن لا يقل مقدار اختراق الخازوق عن ٦ أقدام تحت اقصى نحر ممكن والقرص عبارة عن قطعة من الزهر على شكل قرص افقى مقوى بجملة أضلع جانبية وله ساق رأسية مجوفة ويتصل بجسم ماسورة الخازوق كما هو مبين بالشكل ٢٠٠ و ٢٠١ فالشكل ٢٠٠ يبين ماسورة من الزهر ذات شفة والشكل ٢٠١ يبين اتصاله بماسورة من الصلب والجزء الاعلا من ساق القرص اسطوانى الشكل والجزء الاسفل مخروط الشكل كما هو مبين بالرسم حتى يتكون منها عند نهايتها فوهة لاستعمال النافورة



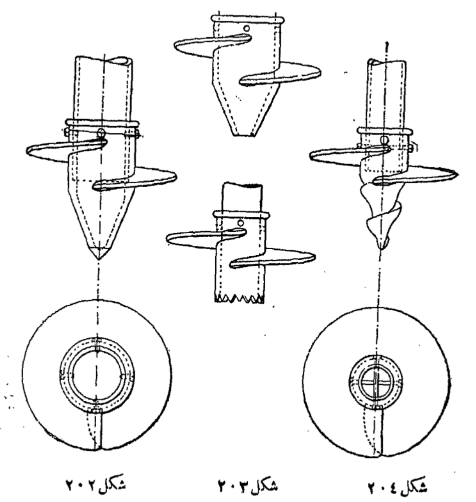
شكل ٢٠١ شكل ٢٠٠

المائية داخلها وأطراف الاضلع القوية للساق تصب على زاوية ٤٥ وتستعمل الخوازيق ذات القرص فى التربة الرملية أو ماشابهها من التى تسمح باستعمال النافورة المائية واذا صادف الخازوق عقبة يتعذر ازالتها بالنافورة فيصير ادارة الخازوق بملاوينة حتى يصير ابعاد العقبة أو تفتيتها بواسطة الاضلع السفلى التى تعمل فى هذه الحالة كسكاكين وتختلف أقطار القرص من ١,٧٥َ الى ٤َ واقطار المواسير التى هى من ٨ً الى ١٤ً من سمك ⅝ً الى ١ً والمواسير من قطر

٦ً الى ١٠ً وسمك ٣/٤ً وسمك الزهر المصنوع منه القرص يختلف من ١ ١/٤ً الى ١ ١/٢ً

الخوازيق ذات القلاووظات

الخازوق ذو القلاووظ ـ عبارة عن ماسورة مجهزة عند نهايتها السفلى بقلاووظ ذى ريش عريضة لتكوين قاعدة تحميل أكبر من قاعدة ماسورة الخازوق ويستعمل هذا النوع من الخوازيق فيما يستعمل فيه الخوازيق ذات القرص والقلاووظ مصنوع من الزهر والمسافات التى عليها ريش القلاووظ



شكل ٢٠٢ شكل ٢٠٣ شكل ٢٠٤

تختلف من ١/٣ الى ١/٤ قطر القلاووظ وعلى أى حال يحدد مسافات الريش من بعضها نوع التربة وصعوبة انزال الخازوق فيها ونهايات القلاووظ قد تكون محددة أو كايلة أو مجوفة أو مسننة حسب الطريقة التى ستتبع فى انزال الخازوق وحسب نوع التربة كما هو مبين بالاشكال ٢٠٢ و٢٠٣ و٢٠٤

فاذا كانت التربة من الحصا يستعمل قلاووظ محدد النهايات واذا كانت التربة من الرمال يستعمل قلاووظ كليل النهايات واذا استعملت طريقة النافورة المائية فتستعمل نهايات مجوفة وفى الصخور تستعمل نهايات مسننة كالمنشار ويجب أن تصمم ماسورة الخازوق وكذا القلاووظ بمتانة كافية لمقـــاومة Tortional Stress جهد اللى الناشىء من انزال الخازوق وينزل الخازوق عادة بادارته بزرجينة ذات ذراعين طويلين وبتحميل الخازوق بحمـــل ثابت للمساعدة على انزاله واذا وجد صعوبة فيصير سكب الماء من نافورة مائية للمساعدة وكل من الخوازيق القرصية والقلاووظية لا تصلح اذا كانت التربة رخوة أو معرضة للنحر حيث أنه من المتعذر ربط الخوازيق بأربطة الا فى الجزء الظاهر منها وقد استعملت الخوازيق القلاووظية بكثرة لكبارى الترع والمصارف فى مصر وبعد انزال المواسير وربطها ببعضها يصير ملئها بالخرسانة العادية أو المسلحة وربطها ببعضها لمقاومة القوى الجانبية

وقد تستعمل الخوازيق المعدنية من قضبان قديمـــة تحدد نهاياتها وتدق فى التربة

خوازيق الرمال

يمكن ضغط التربة وتقويتها بدق خوازيق خشبية قصيرة ثم نزعها وملىء الفراغ الذى تحدثه بالرمل وهذا النوع من الخوازيق لا يتأثر بمنسوب المياه الجوفى ولكن فى حالة ما يكون هناك خطر من النحر فلا يمكن استعمال هذا النوع من الخوازيق ويجب بل الرمل ودقه لضمان ملىء الفراغات

الباب الحادى عشر

السدود المحيــــطه والعلب

السد المحيط هو سد قاطع للماء يعمل حول المكان المراد اقامة البناء عليه ثم برفع الماء الذى يحجز بداخل السد لكشف الأرض واجراء مايلزم من حفر ووضع أساس وبناء فى الجفاف

وتقام السدود المحيطة عادة للأعمال المتعلقة بالأنهار والترع وما اليها وقد تستعمل فى أساسات المبانى التى ليست تحت الماء اذا استدعت طبيعة التربة ذلك ويشترط فى السد المحيط أن يكون محكم الاتصالات بحيث لا ينفذ الماء الذى بخارجه الى داخله وأن يكون المسطح الذى يحيط به السد ذا اتساع كاف لمستلزمات العمل

والسد المحيط هو عمل وقتى يزال دائما بعـــد اتمام المنشآت التى تعمل السدود لغرض قطع المياه عنها أثناء انشائها وقد يكون الغرض من السد المحيط هو خفض منسوب الماء بداخل السد وليس تجفيف قاعه ففى هـذه الحالة يحفظ منسوب الماء داخل السد على منسوب يمكن معه اجراء العمل تحت ارتفاع المـاء الموجود

وفى حالة ما يكون ارتفـــاع الماء كبيراً وكذا ضغطها على حوائط السد فتستعمل اربطة بين الحوائط لتقويتها وجعلها قادرة على مقاومة ضغط الماء أو التربة التى بخارج السد ولضمان عدم نفاذ الماء الى داخل السد يجب أن يكون قاعه من التربة التى لا ينفذ منها الماء فأذا لم تتوفر هذا الشرط فى الطبقة السطحية من التربة التى سيقام عليها الأساس فتدق الخوازيق اللوحية المكونة لحوائط السد الى طبقة تفى بهذا الغرض فأذا كان هذا الاحتياط ليس كافيا أيضاً لقطع الماء فيلقى بطبقة من الخرسانة تحت الماء على التربة التى ينفذ منها الماء وبعد تجمد الخرسانة يبدأ برفع الماء الذى فوقها فأذا وجد خرير ضئيل

بعد ذلك فيرفع بالطلبات لأن ذلك اوفر من اتخاذ احتياطات أخرى لمنعه قد تكون باهظة التكاليف ويجب عند تصميم السدود مراعاة الاقتصاد فى تكاليف انشائها وتكاليف صيانتها ونزح الماء منها

والسدود المحيطة لابعاد غايتها ١٠ أمتار هى أوفر الطرق التى تتبع عند انشاء بغال وا كتاف الكبارى أما فى الاعماق التى تزيد عن ١٠ أمتار فأنه يوجد صعوبة فى تقوية حائط السد بالاربطة وكذا يكون خرير المياه غزيراً وتزداد معه تكاليف الرفع زيادة كبيرة وينشأ عن هذا تأخير نجاز العمل

أنواع السدود المحيطة

السدود المحيطة على جملة أنواع فمنها السدود الترابية ومنها ما هو مكون من خوازيق لوحية خشبية أو خرسانية مسلحة أو حديدية تعمل على شكل صندوق أو صندوقين يبعدان عن بعضهما بمسافة تملأ بالتربة المخلوطة من الرمل والطين والحصا ومنها السدود القابلة للنقل وتكون الصناديق مفتوحة من أعلاها ومن أسفلها أى أن قاعها هو التربة التى سيؤسس عليها

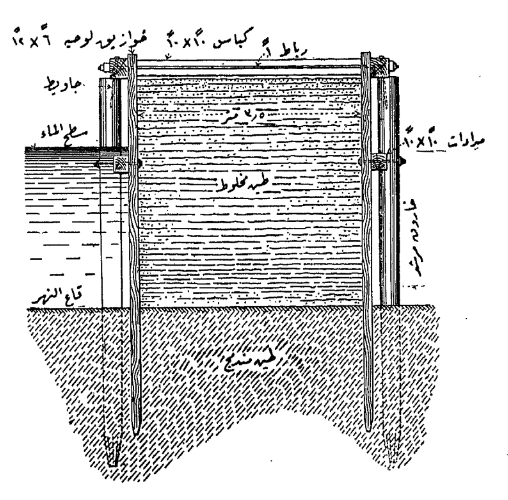
السدود المحيطة الترابية

هذا النوع هو أقدم أنواع السدود وأبسطها وأسهلها فى الانشاء وهو عبارة عن جسر من التراب يحوط به مكان العمل ويجب أن يكون السد ذا عرض كاف لحفظ توازنه ولمنع الرشح أو تقليله الى الحد المسموح وأن يكون منسوب سطح الجسر أعلا من منسوب سطح المـــاء نحو متر وأن يكون عرض سطحه لا يقل عن متر وأن تكون ميول جوانبه تبعا لحالة التربة المصنوع منها ولا تكون على زاوية اكبر من زاوية الشو الطبيعى للتربة

ويحسن أن ينشأ السد من الطين والرمل أو الطين والحصا الرفيع فأن عز وجود الطين فتعمل حائط رقيقة فى قلب الجسر من الطين ويعمل باقى الجسر من الرمل

ويمكن تقليل عرض الجسر بالاستغناء عن أحد ميوله أو كليهما واستعمال

صف أو صفين من الخوازيق اللوحية كما هو مبين بالشكل ٢٠٥ فاذا لم يزد ارتفاع الماء عن حوالى مترين ولكن خشى من تأثير فعل الماء بنحر جوانب



شكل ٢٠٥

الجسر فيعمل الجسر من اكياس ملآى بالرمل المخلوط بالطين أو تستعمل هذه الاكياس كتكسية لجوانب الجسر وكذا يمكن استعمال احجار للتكسية لمنـــع النحر

السدود المحيطة الخشبية

السدود المحيطة الخشبية تعمل من صندوق وعادة من صندوقين من الخوازيق اللوحية الخشبية ويملأ ما بينهما بمخلوط من الرمل والطين ويصير تقوية الصندوقين تبعا لارتفاع المـــاء والضغط الذى يتولد عنه على حوائط السد

وتكون التقوية بواسطة خوازيق مرشدة ومدادات خشبية على شكل اطارات وكباسات بين حوائط الصـــندوق الداخلى واربطة مائلة تربط حوائط الصندوقين ببعضها وكذا مساند مائلة الى الخارج ويملأ ما بين الصندوقين بمخلوط الرمل والطين فيوضع طبقات رقيقه سمكها لا يزيد عن ٣٠ سم تدق جيدا بعد رشها بالماء ويحسن قبل وضع أول طبقة ازالة جزء من التربة التى فى القاع اذا كانت من الانواع التى ينفذ منها الماء بحيث يصل الحفر الى طبقة لا تسمح بنفاذه وبعد أن يملأ ما بين الصندوقين يصير انشاء جسر خارج السد من الطين لضمان عدم نفاذ الماء الى الداخل

ومن المتبع أن تعمل المسافة التى بين الصندوقين مساوية لارتفاع السد فوق القاع اذا لم يزد هذا الارتفاع عن ٣ متر وعلى كل حال يجب أن يفى عرض الحائط بعد ملئه بالتربة لغرض منع الرشح وأن يكفى لوضع ادوات العمل والاجهزة اللازمة وكذا يتسع لحركة العمل

فأذا زاد العمق عن ٣ أمتار فيعمل عرض الحوائط مساويا الى ٣ متر + ½ الزيادة فى الارتفاع وفى الحالات التى لا يسمح اتساع مكان العمل بانشاء سد مكون من صندوقين وكذا عندما يكون ارتفاع الماء قليلا فيحسن استعمال صندوق واحد أى صف واحد من الخوازيق يحيط بمكان العمل جميعه وفى هذه الحالة يجب تقوية الخوازيق اللوحية جيدا بأربطة واطارات تجعل متانة الصندوق كافية لتحمل الضغوط

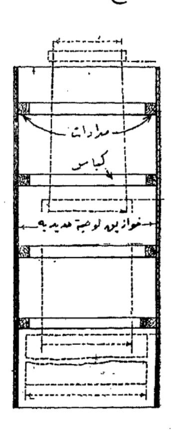
الخوازيق اللوحية الحديدية والخرسانية المسلحة

ويستعمل بدلا من الخوازيق اللوحة الخشبية خوازيق لوحية حديدية وخرسانية مسلحة والشكل ٢٠٦ يبين سداً محيطا من الخوازيق اللوحية الحديدية

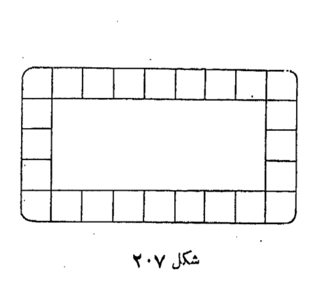
السدود الغير مقواة (Self Supporting)

هذا النوع يعمل من الخوازيق اللوحية الحديدية ولا يستعمل فيه لتقوية الخوازيق اطارات أو أربطة أو كباسات من أى نوع بل يعتمد فى مقاومة الضغوط على متانته وعلى كيفية تعشيق الالواح ببعضها واحكام اتصالها مما يجعلها

فى غنى عن كل وسائل التقوية وفى غنى ايضا عن الخوازيق المرشدة وذلك لأن تعشيق الخوازيق اللوحيه المحكم وارتباطها الوثيق يجعلها أشبه بجسم واحد ويستعمل هذا النوع عادة عند ما يكون الموقع المراد احاطته بالسد ذا مسطح كبير وعندما يكون وجود الاربطة داخل السد مما يعرقل حركة العمل



شكل ٢٠٦



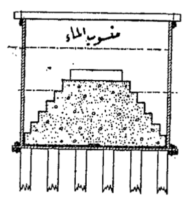
شكل ٢٠٧

ويعمل السد من صندوقين من الخوازيق اللوحية الحديدية ويقسم ما بينهما من الفراغ الى جيوب بواسطة حوائط عرضية كما هو مبين بالشكل ٢٠٧ وتملأ هذه الجيوب بمخلوط التربة ولمساعدة السد على مقاومة الضغوط الخارجية يعمل جسر من التربة الناتجة من الحفر داخل الحائط الداخلى للسد لغرض منع ما قد يحدث من انبعاج بحوائط السد فى بعض الجيوب نتيجة ضغط التربة التى بداخلها

السدود المحيطة القابلة للنقل

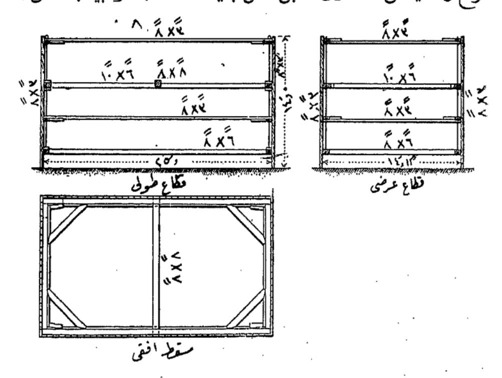
اذا اريد استعمال السد لجملة أعمال متشابهة فتعمل سدود من النوع القابل للفك والنقل وهذا النوع يعمل عادة على قاعدة خشبية ويكون مكونا من

صندوق مصنوع من الواح من الخشب مربوطة مع بعضها بمدادات واربطة وتغوص بواسطة اثقال ويمكن تعويم الصندوق ونقله من محـــل الى آخر او فكه الى اجزاء وتعويمها ثم ربطها ثانيـــة عند الموقع الذى تنقل اليه



شكل ٢٠٨

ويعد تغويص الصندوق تدق خوزايق لوحية خارج الصندوق وتسمر فيه ثم يحوط حول الصندوق من الخارج بجسر من مخلوط التربة ويستعمل هذا النوع عندما يكون البناء مصمما على أن يكون له فرش خشبي وفى هذه الحالة تعمل قاعدة الصندوق على أن تكون فرشا للبناء وعادة تربط جوانب الصندوق فى القاعدة بطريقة يسهل معها فكها وتركها تحت البناء والشكل ٢٠٨ يبين سدا من هذا النوع وقد يعمل الصندوق القابل للنقل بغير قاعدة كما هو مبين بالشكل ٢٠٩



شكل ٢٠٩

العلب Caissons

العلب عبارة عن صناديق كبيرة قاطعة للماء وتستعمل فى الاعمال التى تنشا تحت الماء كبغال الكبارى وما اليها كما انه قد يستعمل نوع خاص للاعمال التى تحت منسوب الماء الجوفى اذا تطلبت حالة العمل ذلك

أنواع العلب

يمكن تقسيم العلب الى ثلاثة انواع

١ — العلب الصندوقية Box Caissons

٢ — العلب المفتوحة Open Caissons

٣ — علب الهواء المضغوط Pneumatic Caissons

وكل من الثلاثة انواع يكون غلافا دائما للمنشآت التى يستعمل للمساعدة فى انشائها بخلاف الصناديق المحيطة (Cofferdams) فأنها وقتية وتزال بعد انتهاء البناء

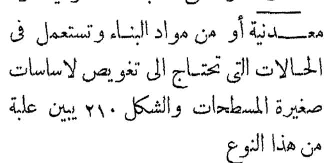
العلب الصندوقية — تستعمل فى الاساسات التى لا تحتاج الى تغويص وهى عبارة عن صناديق مفتوحة من اعلاها ومغلقة عند اسفلها بقاعدة وتملأ هذه الصناديق بخرسانة أو بأى نوع من مواد البناء لتستعمل اساسا للبغال أو للمنشآت الاخرى وتعمل من خشب أو من الخرسانة أو من الصلب ويشترط أن تكون قاطعة للماء واستعمالها يستلزم حفر المكان واعداده الى المنسوب الذى سيقام عليه الاساس قبل وضع العلبة وهذا يحدد مجال استعمالها الا فى حالة استعمال خوازيق يقام عليها الاساس

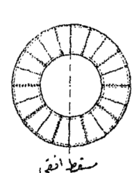
العلب المفتوحة

تستعمل فى حالة مايراد الحفر للاساس وتغويص العلبة للوصول الى طبقة من التربة ذات قوة تحمل تفى بمقاومة الضغوط وهذا النوع عبارة عن صندوق مفتوح فتحا جزئيا أو كليا عند اعلاه وعند اسفله لأمكان الحفر والتغويص وتستعمل الكراكات لذلك فى هذا النوع وللعلب المفتوحة ثلاثة اقسام

الأول — عبارة عن صندوق من الخشب لا غطاء له ولا قاعدة وليس مجهزا بغرفة داخلية ولا بنهايات محددة ويقصر استعماله على الحالات التى لا تحتاج الى تغويص او التى تحتاج الى تغويص قليل

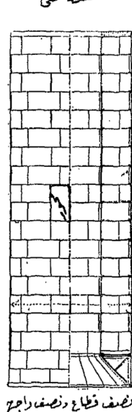
الثانى — وتسمى العلب الاسطوانية أو الآبار وهى عبارة عن انابيب


معدنية أو من مواد البناء وتستعمل فى الحالات التى تحتاج الى تغويص لاساسات صغيرة المسطحات والشكل ٢١٠ يبين علبة من هذا النوع



الثالث — علب مجهزة فى داخلها بانابيب رأسية اسطوانية الشكل للحفر من داخلها ويستعمل فى الحالات التى تحتاج الى التغويص لاساسات كبيرة المسطحات

العلب الاسطوانية ـ الآبار ـ عبارة عن غلاف على شكل اسطوانة مجوفة مصنوع من المبانى أو الخشب أو الحديد أو الخرسانة المسلحة ومجهز عند نهايته السفلى بقدم محدد كالسكين ويغوص بحفر التربة التى بداخله وبتحميله بأثقال او باستعمال النافورة المائية حول جوانب العلبة لتقليل مقدار الاحتكاك



شكل ٢١٠

فأذا كان قطر الاسطوانة كبيرا فيحسن عمل حائطين احدهما داخل الأخر ويملأ الفراغ الذى بينهما بالخرسان اثناء التغويص ليكون بمثابة ثقل يساعد على التغويص وهذه العلب تستعمل عند مايراد التغويص الى عمق كبير لتفادى حدوث أى حفر تحت الاساسات وتستعمل فى الحالات التى فيها الضغوط ليست كبيرة

والعلب التى تكون حوائطها من المبانى تنشأ على قاعدة من الخشب تسمى (جنزيره) وهذا النوع يستعمل كثيرا فى مصر وخصوصا فى آبار متخلفات المنازل وفى غرف روافع المجارى عندما تستدعى طبيعة التربة ذلك ويكون القطر الداخلى للبئر بحيث يسع على الاقل رجلا واحدا للحفر والتغويص وتزال متخلفات الحفر بدلاء تدلى من اعلا بواسطة طنبورة او بكرة ويجب استخدام غواصين مهرة للمحافظة على توازن البئر اثناء تغويصها

وفى الآبار التى تتلقى متخلفات المنازل تغوص البئر الى طبقة رملية ترشح منها مياه المتخلفات وفى حالة غرف الروافع تغوص الى العمق الذى يتطلبه ارتفاع جهاز الرافع وظروف الرفع وتعمل الاقطار حسب ظروف العمل

اما فى حالة العلب التى تستعمل اساسات للبغال وما اليها فتغوص العلبة الى طبقة ذات قوة تحمل كافية للضغوط المصممة عليها وعندما يتم تغويص العلبة الى المنسوب الملائم يصير مل، داخلها بالخرسانة فى حالة الاساسات فأذا ظهرت مياه اثناء التغويص فيصير رفعها بطلمبة حتى يتسنى للعمال الحفر بسهولة

وفى العلب المصنوعة من الخشب يعمل التغويص بواسطة النافوره المائية مع الدق بالمطرقة

العلب الاسطوانية المعدنية — تعمل من الصلب أو الحديد المشغول أو الزهر وتمتاز عن المبانى والخشب بأنها اكثر متانة وافعل فى قطع الماء لاحكام اتصالاتها واسهل فى التغويص نظرا لأن مقدار الاحتكاك بينها وبين التربة اقل منه فى حالتى المبانى والخشب وبعد تغويص البئر الى العمق المطلوب يملأ داخلها بالخرسانة أو الرمال الحرشة النظيفة

وعند استعمال علب من الزهر يعمل الجزء الاسفل الشامل للقدم القاطعة من الحديد المشغول أو الصلب لأنه أقوى وأقدر على المقاومة

والمتبع أن العلبة خصوصا اذا كانت ذات ارتفاع كبير لا تنشأ دفعة واحدة بل ينشأ جزء منها وبعد تغويصه سواء بثقله فقط أو بمساعدة أحمال خارجية

أو نافورة مائية يضاف اليـــه جزء آخر بعـــد ازالة التحميل للمساعدة فى التعويض

وبما أن عملية ازالة التحميل واعادته قد تتكرر كثيرا وتكلف تكاليفا باهظة وينشأ عنها تأخير نجاز العمل فيحسن عمـــل حائطين يملأ ما بينهما بالخرسانة لتقوم الخرسانة مقام التحميل الخارجى أو يقلل بذلك مقداره فلا يضيع وقت كبير فى ازالة واعادة الأحمال

العلب الاسطوانية المصنوعة من الخرسانة المسلحة:

عبارة عن بئر لها حائط من الخرسانة المسلحة وتسلح بأسياخ رأسية وأطواق وتوضع الاسياخ الرأسية عند السطح الخارجى للحائط وتغطى بسمك ٢" من الخرسانة وقد توضع الاسياخ الرأسية عند السطح الداخلى أيضا

ويبدأ بالحفر لعمق ٣ متر أو للعمق الذى تسمح به حالة التربة ثم تبطن جوانب الحفر بالخشب وتوضع قدم معدنية محددة فى أسفل الحفرة ثم يوضع غلافين معدنين قابلين للتطبيق (Collapsible) بارتفاع نحو ٢ متر فى داخل الحفرة وعلى بعد من بعضهما يساوى السمك المطلوب للحائط ثم توضع أسياخ التسليح وتصب الخرسانة بين الغلافين وبعد شكها تغوص ويبدأ بانشاء جزء آخر فوق الجزء الذى تم تغويصه ثم تكرر العملية الى أن يتم التغويص الى العمق المطلوب ويلزم ترك الخرسـانة مدة كافية للتجمد قبل تغويصها نحو ٦ أيام عادة واذا رؤى صعوبة فى التغويص فيساعد بالتحميل أو النافورات ثم يملأ داخل البئر بالخرسانة

العلب المفتوحة المجهزة بانابيب راسية

تستعمل هذه العلب للاساسات الكبيره الغور وتعمل حوائطها من الخشب أو الحديد أو الخرسانة المسلحة وتملأ بالخرسانة والعلب مجهزة بانابيب رأسية تتسع نهايتها السفلى الى فراغ يشمل كل مسطح الارض عند قاعدة العلبة وهذه الانابيب لغرض الحفر من داخلها وبالحفر مع ملء العلبة بالخرسانة فى وقت واحد تغوص البئر ويكون الحفر دائما بوسائل غير اليد نظرا للاعماق الكبيرة التى

تغوص اليها هذه العلب وعندما يصل التغويص الى العمق المناسب والطبقة الملائمة يصير ملء هذه الانابيب بالخرسانة وكذا الفراغ الذى تحتها وقد يعمل الاساس تحت المـاء فتدلى العلبة من عوامة أو مركب بين خوازيق مرشدة وكذا يعمل الحفر وتلقى الخرسانة تحت الماء وتستعمل هذه العلب فى الاعماق التى يتعذر معها استعمال السدود المحيطة أو التى يكون استعمال علب الهواء المضغوط فيها يكلف كثيرا كذا فى الاعماق الاكثر من ٣٧ متر وهو أقصى عمق يسمح معه باستعمال علب الهواء المضغوط

ولحساب الضغوط تحت الاساس يعتبر ثقل الخرسانة فقط لأن الحديد يتأكسد ويتآكل مع مضى الوقت

وحساب الآبار أو العلب كحساب الخوازيق مبنى على الاحتكاك الجانبى وقوة تحمل التربة الذى يزداد مع العمق ومقدار الاحتكاك الجانبى يختلف باختلاف طبيعة التربة التى يخترقها البئر ومقدار الرطوبة الموجودة بها وكذا مسطح محيط العلبة والعمق الذى تغوص اليه واختراق التربة بالجزء الاسفل من العلبة يجعل مقاومة التربة أقل لباقى اجزاء العلبة

تصميم العلب

يجب أن تصمم العلبة لتقاوم قصا (Shear) لا يقل عن نصف ثقلها والعلب المستطيلة الشكل تصمم كأنها أعتاب مرتكزة عند أركانها وبما أن العلبة أثناء التغويص تكون معرضة الى جهود كبيرة تنشأ عن عزم الدوران Moment of Torsion وكذا اذا انحرفت العلبـة عن وضعها الراسى فأن الجهود المسببة عن عزم الانثناء تكون كبيرة فأذا اضفنا الى ذلك ماينشأ من جهود بسبب تصادم قدم العلبـة مع ماقد يصادفه من جلاميد او صخور وكذا الاهتزازات التى تتسبب عن نسف بعض مواد التربة الصلبة فاذا اعتمدنا على الحساب فى تصميم العلب فأنه يكون مبنيا على الفروض ولذلك فتصميم العلب يكون بالخبرة وحدها لا بالقواعد الحسابية نظرا لتعدد العوامل المؤثرة التى سبق ذكرها خلاف ضغط الماء وضغط التربة

العلب الخشبية

تنشأ عادة من حائطين من خشب قطاعه ٦ً × ٦ً الى ١٢ً × ١٢ً وتقلفط وصلاتها قلفطة جيدة لا تسمح بنفاذ الماء ويملأ ما بين الحائطين بالخرسانة حتى يكون ثقل الحوائط وما بينها من خرسانة كافيا لتغويص العلبة بحيث تحتل قدم العلبة كل فراغ يحدث بالحفر تحتها لذا يجب أن يكون الفراغ بين الحائطين كبيراً لدرجة تجعل ثقل الخرسانة كافياً لتغويص العلبة بالسرعة اللازمة وهذا يستدعى تصغير أنابيب الحفر التى بداخل العلبة لأقل اتساع ممكن ويكفى أن تكون من ٧َ × ٧َ الى ٨َ × ٨َ وان لا تقل عن ذلك لأن استعمال دلاء صغيرة للحفر يعطل سير تغويص العلبة

وتعمل الحوائط الداخلية والخارجية من كتل أفقية من الخشب تربط بألواح راسية سمك ٢ً ويعمل الجزء الأسفل على شكل كتلة هرمية لتقوم مقام القدم القاطع كما هو مبين بالشكل ٢١٤

العلب المعدنية — وقد تعمل العلب المفتوحة من الصلب أو الحديد المشغول أو الزهر وتمتاز عن العلب الخشبية بمتانتها وسهولة انشائها غير أن تكاليفها أبهظ من العلب الخشبية

العلب الخرسانية المسلحة — الخرسانة هى أنسب المواد لصنع العلب ويجب تسليح الخرسانة لتكون متانتها وافية بالغرض ويلزم أن تكون حوائط العلبة ذات ثقل كاف للتغويص دون تحميل

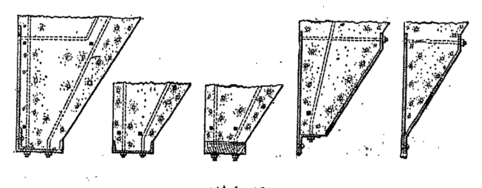
ويجب تسليح جوانب العلبة ضد الانثناء فى جميع الجهات ويجب ملاحظة وضع تسليح كاف عند الأركان واتصالات الحوائط كما أنه يجب وقاية القدم المحددة بغلاف من الصلب وتسليحها تسليحاً قوياً

السكاكين أو الأقدام المحددة

للسكاكين فائدة المساعدة على تغويص العلب وتعمل على جملة أشكال وكلما كانت السكين ذات حد رفيع كلما كان أثرها أفعل فى احتلال العلبة مكان الحفر مباشرة بعد ازالة التربة منه فيمتنع بذلك

او يقل الى الحد الأدنى تسرب التربة الى داخل العلبـــة تحت تأثير الضغط الخارجى على التربة التى تحت قدم العلبة إلا أن السكاكين الرفيعة لا تقوى على مقاومة الصدمات الناشئة عن مصادمة طبقات صلبة أو عقبات كالجلاميد وجذوع الأشجار وكذا لا تقوى على الاهتزازات التى تنشأ بسبب استعمال مواد ناسفة ولذا فالسكين ذات الحد العريض تكون اقوى واقدر على المقاومة ويكون مسطح التحميل فيها اكبر فيمتنع باستعمالها سقوط العلبة فجأة داخل الطبقات الرخوة ولكن يجب ملاحظة أن لا يكون عرض حد السكين كبيراً لدرجة يعرقل معها حركة التغويص اذ المفروض أن تغوص قدم العلبة بمجرد الحفر تحتها والابعاد العادية لحد السكين هى من ٤ً الى ١٨ً

والشكل ٢١٤ يبين أنواع الاقدام المستعملة



شكل ٢١٤

تمهيد الموقع قبل تغويص العلبة

يجب تنظيف الموقع وتسويته وإزالة ما به من العوائق التى قد تعرقل حركة العلبة ومن المعتاد اجراء الحفر لنحو ٥ أمتار الى ٧ أمتار قبل وضع العلبة اذا كانت العلبة ستغوص فى تربة ليست تحت الماء اما ان كانت العلبة ستغوص تحت ماء عميق فأنها تنشأ على الأرض ثم يقفل الجزء المفتوح من العلبة من أسفل وتعوم الى الموقع فاذا كانت المياه قليلة الغور فتنشأ على مراكب او عوامات وتنقل الى الموقع ثم يصير انزال العلبة من المركب اما بواسطة تعليقها على نصب ينشأ لذلك الغرض على المراكب ثم تدلى وقبل انزال العلبة تدق خوازيق ارشاد حول الموقع لهدى العلبة تماماً وقت انزالها فاذا كان عمق

الماء صغيراً جداً بحيث لا يسمح بانشاء العلب على المراكب أو الأجسام العائمة فتنشأ على أرضية من الخشب تعمـل فى الموقع ثم يصير دق صف أو صفين من الخوازيق على جانبي الموقع وتربط هذه الخوازيق بأربطة عبر الموقع يعلق فيها الجزء الاسفل من العلبة الشامل للسكين وبعد اتمام انشاء العلبة يصير انزالها

عمليه تغويص العلب

قبل بدء الحفر يجب بناء جسم العلبة بالارتفاع المتيسر وكلما كان جسم العلبة ذا ثقل أكبر كلما كان تتبعه للحفر واحتلاله للمكان الذى يخلو أسرع وأسهل وبذا يقل الى أصغر حد جسم التربة الذى يرتد الى داخل العلبة بتأثير ضغط التربة التى حول العلبة

فاذا كان اتساع العلبة صغيراً بالنسبة لارتفاعها فأنها تكون معرضة لخطر الانقلاب فى أول الامر حتى يستقر جزء كبير من ارتفاعها داخل التربة ولذا يجب تقوية العلب التى من هذا القبيل بأربطة لمنع انقلابها قبل التغويص وفى التربة الرخوة يصعب ضبط العلبة فى وضعها الرأسى تمـاماً

انحراف العلبـة وطريقة معالجته

فاذا انحرفت العلبة فتعالج بوضع كباسات مائلة فى الجهة التى انحرفت اليها أو تعدل بجذبها بواسطة كتلة وبكرة

الحفر داخل العلب المفتوحة

وأنسب الطرق للحفر داخل العلب المفتوحة هو الحفر بواسطة دلاء قشرة البرتقالة أو البطلينوس (Orange Peel or Clam Shell)

وقد تستعمل طلمبات الرمال (Sand Pump) ويجب أن يعمل الحفر بانتظام تحت حافة السكين فاذا انحرفت العلبة فيصير الحفر تحت الجانب الاعلا بمعدل أسرع من معدل الحفر تحت الجانب المنخفض ويلاحظ جعل الحفر على مستوى مائل الى أن تأخذ العلبة وضعها الرأسى

اتقاء السقطات الفجائية

ويجب أن لا يزيد عمق الحفر تحت القـــدم عن ٣ متر الى ٥ متر فاذا أجرى الحفر الى عمق كبير تحت حد السكين فان العلبة تكون معرضة لخطر سقطة فجائية قد ينشأ عنها كسر العلبة أو الاضرار بها كما أنه قد تتسرب التربة التى تحت العلبة الى داخلها بكمية كبيرة ويصحب ذلك حدوث السقطة الفجائية فتصبح بذلك عملية التغويص شاقة وفى حالة كهذه يحسن تحميل العلبة بأثقال كبيرة للمساعدة على التغويص

استعمال النافورات المائية — وقد تستعمل النافورات المائية لتسهيل عملية التغويص ووجد ان استعمال نافورات متصلة بجسم العلبة من الداخل يكون سببا فى سد فوهات النافورات بالطين وهذا يجعل استعمالها غير مجد

ولذا يجب استعمال نافورات متنقلة حول العلبة من الخارج ويجب استعمال النافورات بحذر لاتقاء السقطات الفجائيه .

استمرار الحفر

ويجب عدم وقف الحفر اثناء عملية التغويص لان ذلك يعطى فرصة للتربة للتماسك حول جسم العلبة وبذا يصعب البدء فى تغويص العلبة ثانية واذا كانت العلبة ستغوص الى طبقة صخرية فمن المستحسن وقف الحفر عند منسوب اعلا بقليل من الطبقة الصخرية ثم رفع الماء وكسح التربة من داخل العلبة بواسطة النافورة الى أن تستقر العلبة على الطبقة الصخرية

استعمال اثقال للمساعدة على التغويص

فأذا كان ثقل العلبة وحده لا يكفى للتغويص فتحمل باثقال خارجية كأكياس ملأى بالرمال أو قضبان حديدية أو كتل خرسانية أو حديدية

استعمال المواد الناسفة

ويمكن استعمال المواد الناسفة فى حالات العلب العاصية والتى يتعذر حفر التربة تحتها أو فى حالة مصادفة جلاميد أو جذوع اذا تعذر التخلص منها بالطرق الاخرى

تمهيد الموقع بعد التغويص

وعندما تغوص العلبة الى العمق المرغوب يصير تمهيد القاع بجعله مسطحا مستويا واذا كان القاع تحت الماء فتعمل جسات لمعرفة حالته ثم ينظف القاع بواسطة غواصين وكل صخور تالفة أو ضعيفة يصير ازالتها والصخور المائله تدرج

صب الخرسانة تحت الماء

ثم تدلى الخرسانة بدلاء خاصة بالقاء الخرسانة تحت الماء ويجب القاء الخرسانة باستمرار حتى تملأ العلبة

وقد تسلح العلبـــة ويجب ان لا تقل نسب الخرسانة عن ١ : ٢ : ٤ لأن جزءً من الاسمنت الذى بها يغسل ويكوّن طبقة لزجة ضعيفة ولذا يجب اعتبار قوة الخرسانة التى تلقى تحت الماء أقل من نظيرتها التى تلقى فى الجفاف

فأذا كان التغويص فى مجرى ذى تيار قوى وخشى من نحر التربة حول العلبة وتحتهـا فيصير الاحتيـاط لذلك بتحويط قدم العلبة بزكائب مـلأى بالرمال لمنع نحر التربة قبل الاستعداد للتغويص

علب الهواء المضغوط

عبارة عن صناديق مفتوحة من أسفل ومغلقة من أعلا ويقوم الهواء المضغوط بوظيفة طرد المـاء والطمى الرفيع من داخل العلبة ويوجد نوعين من علب الهواء المضغوط

١ ــ العلب القابلة للنقل وتسمى أجراس التغويص (Diving Bells) وهى عبارة عن صندوق مفتوح من أسفله ومغلق من أعلاه وهو وسيلةمؤقتة يستعمل أثناء بناء الأساسات ثم يزال بعد اتمامها

٢ ــ العلب الثابتة وهى تكوّن جزءً من جسم الاساس

والاول يصنع من الحديد ويدلى بواسطة جنازير يعلق فيها وعادة يضاف أثقال من الحديد الزهر الى جسم الجرس لهذا الغرض وهذه الاجراس تستعمل عادة فى الترميات الصغيرة فى فروشات القناطر وبياراتها وما شابه

ذلك وفى جانبى الجرس من الداخل رفين للعمال

ونظرية استعمال هذه الاجراس مبنية على أن ضغط الماء خارج الجرس يضغط الهواء الذى بداخل الجرس فيملأ الجزء الاسفل من الجرس بالماء ويبقى الهواء المضغوط فى الجزء الاعلا ولتفسير ذلك نفرض أن ضغط الهواء عند سطح الماء هو $ص_١$ وأن عمق قاع الجرس من سطح الماء هو (ل) وارتفاع الجرس $ع_١$ فاذا دخل الماء فى الجرس بعمق س ؟ بقى الهواء بارتفاع مقداره ع داخل الجرس وكان الثقل النوعى للماء ى

فان ضغط الهواء على سطح الماء الذى بداخل الجرس

$$ص_٢ = ص_١ + ى \ (ل - س)$$

ومن قانون بويل فى الطبيعة

$$\frac{ص_١}{ص_٢} = \frac{ع}{ع_١} = \frac{ع_١ - س}{ع_١}$$

$$\frac{ع_١}{ع_١ - س} = ١ + \frac{ى}{ص_١} \left(ل - س \right)$$

ومن هذه المعادلة يمكن استخراج مقدار (س)

فاذا كان $ص_١$ هو ١٫٠٣٣ كج / السم المربع أى ١٠٫٣٣ طن / المتر المربع.

؟ ى = ١ طن / المتر المكعب للمياه العذبة

فاذا فرضنا أن ل = ١٠ متر فان مقدار ع = $\frac{ع_١}{٢}$ تقريبا

ولما كان من الضرورى تجديد الهواء بداخل الجرس ليستنشق العمال هواء نقيا فقد رؤى تزويد الجرس بهواء مضغوط من الخارج لاستيفاء الغرض المتقدم ولطرد الماء كلية من الجرس وبذا يتجدد الهواء دائما بخروج جزء منه من تحت الجرس وفى هذه الحالة اذا كان

$ص_١$ = ضغط الجو عند سطح الماء فان ضغط الهواء اللازم على عمق ل هو $ص_٢ = ص_١ + ى ل$

فاذا كان ل = ١٠ م تقريبا

فان $ص_٢ = ٢ ص_١$ تقريبا

اذا كان

ص، = ٣٣ر١٠

ى = ١٠٠ر١ للماء العذب

٢٥ ر١ للماء المالح

ويجب أن يكون وزن الجرس أكبر من وزن حجم المياه الذى حل محله ولذا يجب اضافة أثقال من الحديد الزهر الى جسم الجرس وإلا تعذر تغويصه تحت المـاء

ملابس الغواصين

الغواصين الذين يشتغلون تحت الماء يلبسون ملابس خاصة يجب أن تتوفر فيها الاشتراطات الآتية

١ — تكون وصلاتها محكمة لا ينفذ منها الماء

٢ — تغطى كل الجسم ماعدا اليدين حتى يتمكن الغواص من تشغيل يديه

٣ — تسمح بتمرير الهواء المضغوط لاستنشاق الغواص وعدم اختناقه

وتتكون ملابس الغواص من خوذة معدنية تغطى رأسه كله ويتصل بها خرطوم لتوصيل الهواء المضغوط وفى الخوذة نظارة زجاجية ليتمكن الغواص من الابصار وبها صمام لضبط الهواء المضغوط

ويغطى جسم الغواص كله لباس من المطاط محكم حول المعصمين ويتصل بلباس الغواص حبل يسمى حبل الأمن لرفع الغواص بواسطته عند الضرورة ويحمل الغواصين باثقال وبأحذية ثقيلة جدا لحفظ توازنهم ومقاومة قوة التعويم

الثانى — علب الهواء المضغوط (الثابتة)

تستعمل عادة لاساسات الكبارى وهى عبارة عن صناديق مفتوحة عنـد اسفلها ولكنها مزودة بسقف وجوانب محكمة لا ينفذ منها الماء وتمتد الجوانب فوق السقف الى منسوب أعـلا من منسوب سطح المياه على شكل صندوق محيط وتكون جزءاً دائما من جسم البناء تحت منسوب المياه أما الجزء الموجود أعلا من سطح المياه فانه يزال بعد اتمام العمل وأقصى عمق يستعمل معه هذا النوع من العلب هو ١١٠ قدم أو ضغط هواء مقداره ٥٠ رطل / البوصة المربعة وهو حد الضغط الذى تحتمله

بنية الانسان السليم التكوين وكلما زاد الضغط وقرب من ٥٠ رطل / البوصة المربعة كلما زادت حالات الامراض الناشئة منه والهواء المضغوط يساعد فى التغويص لانه عند خروجه من تحت قدم العلبة ومروره حول جوانبها من الخارج يقلل مقدار الاحتكاك بين جوانب العلبة والتربة التى تغوص فيها وبذا يكون مقدار الاحتكاك أقل من نظيره فى حالة العلب المفتوحة والجزء الاسفل الذى تحت السقف ومحاط بالحوائط الشاملة للسكين يسمى غرفة العمل ولا يقل ارتفاعها عادة عن ٢ متر وهذه الغرفة هى التى ينزل اليها العمال من الانبوبة لاجراء الحفر

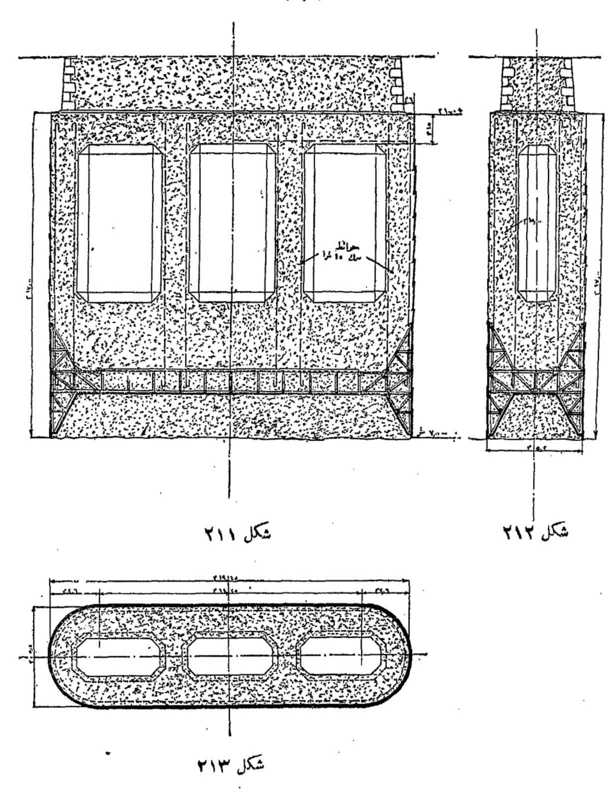
وتنشأ العلب عادة على البر وقد تنشأ على عوامات أو مراكب أو قاعدة من الخشب وتجهز بأنبوبة أو أكثر لادخال الهواء المضغوط ولدخول العمال وخروجهم وكذا لرفع ناتج الحفر وانزال الخرسانة وبداخل هذه الانابيب سلالم للنزول عليها وهذه الانابيب منتهية بغرفة العمل التى هى عبارة عن كل الفراغ الذى بين حوائط العلبة ومغطاة بالسقف وفى النهاية العليا لكل انبوبة غرفة لحبس الهواء المضغوط من التسرب ولتمكين العمال من الدخول الى الانبوبة ومنها الى غرفة العمل وكذا من الخروج من غرفة العمل الى الانبوبة فالى الهواء الطلق وهذه الغرفة تسمى كوب وقد تستعمل أنابيب خاصة باخراج ناتج الحفر وادخال المون وكل الاجهزة من الاكواب الى أنابيب تمرير الهواء الى غرفة العمل يجب أن تكون محكمة وقاطعة للهواء

وبعد أن يتم انشاء العلب تعوم الى موقع العمل ان كانت على البر ثم يصير التحميل فوق السقف بالخرسان لانزاله ويجب أن يكون السقف ذا متانة كافية لتحمل ثقل الخرسان اللازم لتغويص غرفة العمل وكذا يجب أن تكون متانة السقف كافية لمقاومة ضغط الهواء من أسفل وذلك فى حالة ما يكون وزن الخرسانة مركزا على حوائط العلبة ويعمل السقف فى حالة العلب الحديدية من كمرات والواح مبرشمة فى اسفل الكمرات وفى نفس

الوقت الذى يجرى فيه تحميل السقف بالخرسان يشتغل العمال بالحفر داخل غرفة العمل ويصير ازالة ناتج الحفر من داخل الانابيب بواسطة دلاء تدلى باليد أو بالآلات الرافعة وكذا يزال بالكسح داخل مواسير خاصة وذلك اما بواسطة الهواء المضغوط أو النافورة المائية وبذلك تبدأ العلبة بالغوص وتستمر هذه العملية حتى تظهر المياه الجوفية للارض فيبدأ بزيادة الهواء المضغوط لطرد المياه خارج العلبة ليتمكن العمال من العمل فى الجفاف ويجب ان يكون ضغط الهواء كافيا لذلك الغرض ويستمر التحميل بالخرسانة والحفر من غرفة العمل حتى يصل الحفر الى المنسوب المطلوب ويجب أثناء عملية الحفر ملاحظة توازن العلبة حتى لا تحيد عن رأسيتها وكذا يجب تقوية السد المحيط المنشأ فوق سقف العلبة باربطة حتى لا ينحنى بتأثير ضغط المياه وعندما يستقر قدم العلبة على المنسوب المقرر التغويص اليه يصير تمهيد القاع وتنظيفه وتهيئته لمل‌ء غرفة العمل بالخرسانة ومن الضرورى استعمال ضغط هواء كاف لطرد الماء ثم تصب الخرسانة داخل مواسير وبمساعدة الهواء المضغوط توزع الخرسانة على مسطح قاعدة غرفة العمل وبعد ملء غرفة العمل تزال الأكواب وتملأ الأنابيب ثم يبدأ بالبناء ويجهز العمال الذين يشتغلون داخل غرفة العمل بصفارة للاستنجاد واعطاء الاشارات اللازمة

وقد يعمل محيط العلبة كبير اللاستفادة بالاحتكاك وفى مثل هذه الحالة لا يملأ الفراغ الموجود داخل العلبة كله بل يترك جزء من الفراغ حتى لا تحمل الارض بضغوط اكبر من قوة تحملها والاشكال ٢١١ ، ٢١٢ ، ٢١٣ تبين علبة من هذا النوع

الكوب — الكوب عبارة عن غرفة ذات بابين حـ ، ى مجهزين باطارين من المطاط لاحكام قفلهما ويقفلان بواسطة الهواء المضغوط والباب (حـ) بين الكوب والهواء الطلق والباب (ى) بين الانبوبة والكوب ويجهز الكوب أيضا بمحبسين احدهما موصل للهواء الطلق ، والثانى موصل للانبوبة

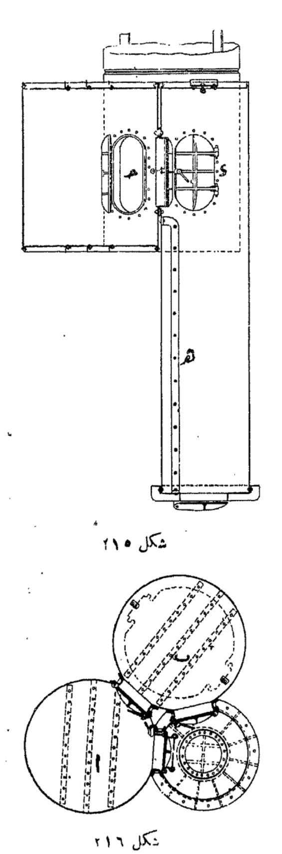


شكل ٢١١

شكل ٢١٢

شكل ٢١٣

والهواء المضغوط موصل بماسورة للانبوبة فى نقطة تحت الباب (ى) فاذا أريد دخول غرفة العمل يصير فتح البـــاب (ح) الى داخل الكوب والدخول الى الكوب ثم غلق الباب (ح) وفتح المحبس الذى بين الانبوبة والكوب لادخال الهواء المضغوط الى الكوب مع ملاحظة قفل المحبس الآخر فعندما يتساوى ضغط الهواء داخل الكوب وفى الانبوبة يفتح الباب (ى) بسهولة



شكل ٢١٥

شكل ٢١٦

واحيانا تستعمل أبواب أفقية فتفتح من تلقاء نفسها تحت تأثير ثقلها ويصبح ممكنا للعامل أن ينزل الى غرفة العمل ثم يفتح المحبس الذى بين الهواء الطلق والكوب مع فتح المحبس الآخر فيقفل الباب (ى) بضغط الهواء من داخل الانبوبة

واذا أريد الخروج من غرفة العمل يقفل المحبس الذى بين الكوب والانبوبة وكذا الباب (حـ) بواسطة عامل فى الكوب . ثم يفتح المحبس الموصل الكوب بالانبوبة وعند مايتساوى الضغط داخل الكوب وداخل الأنبوبه يسقط الباب (ى) ويمكن بذلك الخروج من الانبوبة الى الكوب ثم يقفل الباب (ى) وكذا المحبس الموصل الكوب بالانبوبة ويفتح المحبس الآخر تدريجيا حتى ينقص ضغط الهواء داخل الكوب الى نظيره خارجها فيمكن لمن بداخل الكوب الخروج الى الهواء الطلق والأنبوبة مجهزة بسلم (هـ)

والكوب مجهز بمقياس لضغط الهـــواء وبصمام أمن والاجهزة اللازمة لتوليد الهواء المضغوط هى آلة بخارية أو ما يقوم مقامها تدير مضاغط للهواء ومولد كهربائى لانارة غرفة العمل وللاضاءة أثناء الليل والشكلاين ٢١٥ ، ٢١٦ يبينان الكوب (ا) والانبوبة (ب) ويمر الهواء المضغوط على آلة تبريد لأن عملية الضغط تولد حرارة

فى الهواء وقد يستعمل الهواء المضغوط لتشغيل مطارق هوائية فى غرفة العمل اذا اعترض التغويص أحجار صماء وفى تلك الحال يكون ضغط الهواء من ٥ الى ٧ اجواء (ضغوط جوية) وكذا قد يستعمل الهواء المضغوط فى كسح التربة التى تحفر من قاع غرفة العمل اذا كان نوعها يسمح بذلك كما هو الحال فى الرمال والطين فيكوّم ناتج الحفر حول ماسورة خاصة بالكسح مجهزة بصمام لادخال الهواء اليها عند الضرورة ويسلط عليه تيار مستمر من الهواء المضغوط

وماسورة الكسح هذه تكون عادة من قطر ٥ً أو ٤ً ومجهزة بكوع فى أعلاها لالقاء ناتج الحفر أفقيا وبخرطوم مرن فى أسفلها يتصل بغرفة العمل وهذه الطريقة سريعة جدا فى التخلص من ناتج الحفر بحيث لايحتاج الأمر لفتح الصمام الا مدة قصيرة وكثيرا مايحتاج لتغيير الكوع نظرا لتآكله من فعل الرمال

وتتوقف سرعة تغويص العلب على جملة عوامل منها مقدار الاحتكاك الجانبى وما يصادف أثناء التغويص من عقبات

أمراض عمال العلب الهوائية

اذا زاد ضغط الهواء عن مقدار تحمل العمال الذين يشتغلون داخل غرفة العمل فأن السوائل التى بداخل أجسام العمال تمتص كميات كبيرة من الهواء وعند مايقل ضغط الهواء بسرعة فأن الهواء الذى امتص أثناء زيادة الضغط يخلى سبيله بسرعة اكبر مما يحتملها الجسم ويتسبب عن ذلك حدوث فقاقيع بالدم والانسجة والمفاصل قد يؤدى الى قطع أوعية الدم وكثيرا ماتحدث وفيات من ذلك

وعلاج ذلك يكون بوضع المريض تحت هواء مضغوط ثم تخفيف الضغط تدريجيا ولذلك يجب الاستعداد بغرفة من غرف حبس الهواء المضغوط أو الاكواب تسمى مستشفى وتكون ذات اتساع كاف فيوضع المريض فيها تحت الهواء المضغوط حتى يمتنع تسرب الهواء الذى فى جسمه ثم يصير تخفيف الضغط تدريجيا ولذا فيجب الكشف على العمال

طبيا واختيار السليم منهم وعمل ورديات من العمال (فرق تتبادل العمل مع بعضها) لان العمل يستمر ليلا ونهاراً حتى لا يرهق العمال وحتى تقل حوادث الوفيات بقدر المستطاع وكذا يجب تخفيف الضغط تدريجيا وببطء قبل خروج العمال الى الهواء الطلق ويحسن أن يتناول العمال شيئا ساخنا قبل الخروج من الكوب أو أن يتدثروا بلباس آخر للتدفئة والمدة التى يمضونها فى الكوب يحسن أن يمضوها فى حركة وفى تدليك مفاصلهم وأجسامهم فأن فى ذلك وقاية لهم

والشعور الذى يحدث به العامل عند دخوله الكوب واستنشاق الهواء المضغوط هو ارتفاع فى الحرارة ودوار وتأثير على حاسة السمع وضيق فى التنفس وضغط على القلب

والمدة التى تقضيها كل وردية فى العمل بدون راحة تختلف من ساعة الى ٤ ساعات ثم تستريح الوردية ثمان ساعات وتعود الى العمل

ومدة تشغيل كل وردية تختلف حسب الضغط فكلما صغر الضغط كلما زادت مدة عملها

الباب الثانى عشر

التنكيس وتقوية الاساسات

قد يحدث أن تتداعى الاساسات التى تم تشييدها وقد يكون ذلك نتيجة عدم استيفاء المباحث الخاصة بفحص التربة فينشأ عن ذلك خطأ فى اختيار الموقع واختيار الطبقة التى يشـــيد عليها الأساس كما أنه قد يكون التداعى نتيجة لخطأ فى تصميم ابعاد الاساس ويكون التداعى فى مثل هذه الاحوال بسبب هبوط مفرط أو هبوط غير متساو فى التربة التى تحت الاساس كما انه قد يكون بسبب زحف التربة أو نحرها من تحت الاســاس وكذا يكون بسبب الانزلاق

وقد يحدث التداعى نتيجة لاستعمال مواد من أنواع رديئة أو من رداءة الصناعة نفسها فتصبح الاساسات بذلك ضعيفة لاتقوى على تحمل الضغوط المولدة عليها وينشأ عن ذلك تفتت المواد والمون المكونة للاساس

ففى حالة ظهور أى دلالة على تداعى الاســاس كشروخ فى البناء الذى يعلوه،أو انزلاق أو انحراف الى جهة ما فيجب الكشف على الاساس لمعرفة نوع المواد المصنوع منها وحالة صناعته وتعمل مباحث جديدة عن الطبقة من التربة التى شيد فوقها ومعرفة قوة تحملها بعمل تجارب تحميل جديدة ومن الكشف على الاساس وفحص التربة يمكن معرفة أسـباب التداعى ثم معالجته حسب ماتستدعيه الحالة اما بازالته أو بتقويته أو بتقوية التربة التى تحته

فأذا وجد أن الأســـاس موضوع على تربة ذات قوة تحمل كافية وأن التداعى ناشىء من سوء الصناعة فأن كانت ابعاد الاساس كافية فيمكن تلافى الاضرار بعمل سق بالاسمنت اللبانى للاساس ان كان من خرسانة الأسمنت والرمل ويكون ذلك بواسطة مواسير رأســية وصب الأسمنت اللبانى منها

الى داخل ثقوب تعمل فى الاساس كما سبق شرحنا ذلك فى حالة تقوية فرش قناطر الدلتا

وقد يضغط الأسمنت من طلمبة أو بواسطة الهواء المضغوط وفى هذه الحالة تسمى العملية حقن الاساس بالاسمنت اللبانى وكذا يستعمل الالمان الحقن بالمواد الكيماوية السابق التنويه عنها

وكذا يستعمل الحقن بالاسمنت وصب اللبانى فى الاساسات التى تكون مصنوعة من الاحجار أوالطوب بمونة الاسمنت والرمل والغرض من السقى بالاسمنت أو الحقن هو ملء المسام الموجودة فى مواد الاساس



شكل ٢١٧

فأن وجد أن اسباب التداعى ناشئة من وجود الماء فى التربة فيعمل مصرف من الفخار الحجرى حول موقع البناء لصرف المياه من التربة وتعالج الفجوات بالسقى أو الحقن بالاسمنت اللبانى

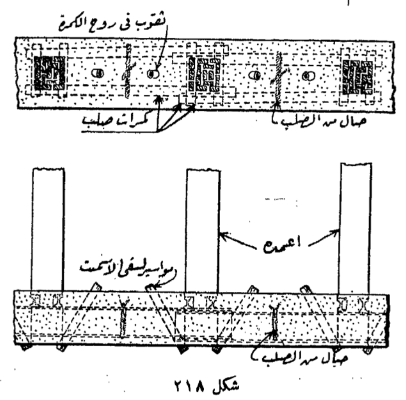
فان وجد انه ناشىء من ضعف التربة فتعالج الحالة بحقن التربة بالاسمنت اللبانى أو المواد الكيماوية بنجاح فى بعض الاحيان

فأن وجد أن مواد الاساس سليمة وأن التداعى ناشئ عن صغر مسطحه فأحيانا يصير تكبير مسطح الاساس ان كان من المبانى بالدقشوم (Rubble) بعمل بروز للاساس من الخرسانة ويصير تسليحه بواسطة كمرات تربط مع بعضها بمسامير تمر داخل الاساس القديم كما هو مبين بالشكل ٢١٧

وان كانت الاساسات المتداعية لاعمدة متجاورة فيمكن للاقتصاد وصل أساسات الاعمدة ببعضها بحيث يصبح الاساس متصلا تحتها ويعمل من الخرسانة المسلحة باسياخ أو كمرات قديمة كما هو مبين بالشكل ٢١٨

أما اذا كان التداعى ناشئا عن رداءة انواع المواد المستعملة أو عن صغر

مسطح الأساس المتداعى من حيث ابعاده فيزال ويعمل اساس جديد يفى بتحمل الضغوط الناشئه على الاساس اذا كان ذلك لا يكلف كثيرا واذا كانت حالة الاساس تحتم ذلك وفى هذه الحالة تنكس المبانى بأحدى الطرق الآتية



شكل ٢١٨

فاذا كان التداعى نتيجة للزحف الناشىء عن نعومة حبات التربة وذلك بتأثير الضغط الواقع عليها فيحوّط المكان بخوازيق لوحية وتعالج الفجوات التى نشأت عن الزحف بالسق أو الحقن بالاسمنت اللبانى

كما انه قد تترك الاساسات المتـــداعية فى اماكنها دون هدمها وتعمل اساسات جديدة من الخوازيق تحمل المبانى عليها وتصبح بذلك الاساسات القديمة غير عاملة وهذه الحالة ايضا تستدعى تنكيس المبانى كما انه قد تقوى الاساسات المتداعية بالحفر تحتها والوصول ببناء الأساس الى طبقة اصلح من الموجود عليها

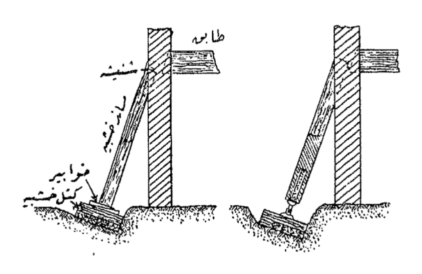
طرق التنكيس

التنكيس من العمليات الدقيقة والتى تحتاج الى عناية خاصة فى التنفيذ والى خبرة كافية وعمليات التنكيس عبارة عن قسمين

الأول ـــ سند وحمل البناء الذى فوق الأساس المتداعى وتجهيز الوسائل

والاجهزة اللازمة لذلك حتى يمكن الحفر حول الاساس المتداعى وتحته لهدمه أو تقويته

والقسم الثانى هو تقوية الاساس المتداعى أو انشاء الاساس الجديد وهذا هو الجزء الهام من العمل ويستعمل فى التنكيس عادة صلب المبانى التى فوق الاساسات لسندها (Shoring) بواسطة المساند (Shores) وهى عبارة عن كتل طويلة من الخشب كالمبين فى الشكل ٢١٩ توضع فى وضع مائل وترتكز فى طرفها الاعلا على



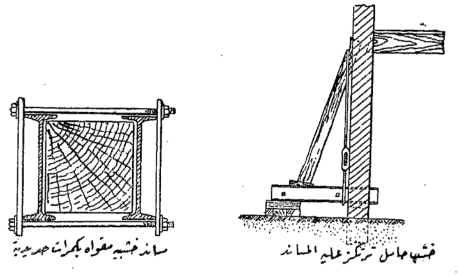
شكل ٢١٩

الحائط داخل ثقوب تعمل فى الحائط (Niches) والمعروفة بالشنايش وترتكز المساند عند نهايتها السفلى على قاعدة قوية من الكتل الخشبية يكون مسطحها كافيا لتوزيع الحمل المنقول الى التربة وتكون الكتل ايضا ذات قطاع كبير ويحسن أن تعمل من طبقتين متعامدتين فى اتجاه اطوالها كما هو مبين بالرسم

ويراعى فى وضع المساند أن تكون فى وضع يقرب من الوضع الرأسى حتى لا يكون مقدار رد الفعل الواقع على الحائط عند أعلا المساند كبيراً كما يراعى أن ترتكز نهاياتها العليا على الحوائط مقابل أحد الطوابق حتى يتلافى بذلك كسر الحائط من تأثير الضغط الواقع عليها عند نقط الارتكاز

ويجب ملاحظة أن ترتكز رؤوس المساند على الحائط بكامل مسطحها وخصوصا فى حالة الأحمال الثقيلة وقد يصب حول الرأس وتملأ الشنيشة بالأسمنت اللبانى لضمان ذلك كما أنه يراعى وضع خوابير (Wedges) عند قدم المساند واحكامها تماما حتى يضمن أن كل الحمل ملقى على المساند وقد

تستعمل خوابير حديدية بدلا من خوابير خشبية فأذا رؤى أن الأحمال كبيرة جدا فيحسن تقوية المساند قبل وضعها بكمرات حديدية أو مجارى حديدية كما هو مبين بالشكل ٢٢٠

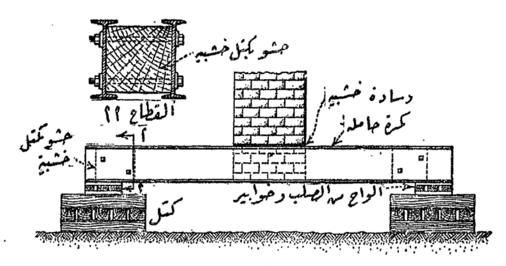


شكل ٢٢٠

وبعد أن توضع المساند القوية لسند البناء تصبح الأحمال الواقعة على الاساس أقل بكثير منها قبل سند البناء

ولحمل الجزء من البناء الواقع بين رءوس المساند والأرض يصير وضع اعتاب حاملة (Needles) فى وضع افقى داخل شنيشة فى الحائط بالقرب من اسفلها كما هو مبين بالرسم وهذه الاعتاب ترتكز من احد طرفيها على القاعدة التى يرتكز عليها المسند وفى طرفها الآخر اما على قاعدة اخرى واما على الحائط نفسها كما هو مبين بالرسم

وقد يستغنى عن صلب المبانى بواسطة المساند ويكتفى بوضع اعتاب حاملة قوية داخل شنايش فى الحوائط عند نهاياتها السفلى بحيث ترتكز هذه الاعتاب على قاعدتين من كتل خشبية ذات مسطحات كبيرة لتوزيع الأحمال وتكون احدى القاعدتين خارج البناء والثانية داخله وتكون هذه الاعتاب عادة عبارة عن كمرات حديدية (I Beams) ويجب مراعاة استعمال كمرات قوية تفى بتحمل الجهود التى تقع عليها من تحميلها بالبناء ويجب أن يكون اختيار قطاعات الكمرات نتيجة لحساب دقيق كما هو مبين بالشكل ٢٢١



شكل ٢٢١

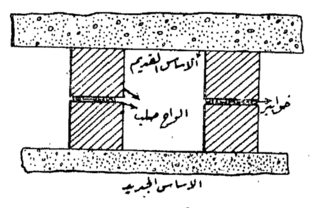
فيما سبق بينا الطرق المختلفة لسند البناء المشيد فوق أساس متداعى وطرق تقوية الاساسات

وفيما يلى سنشرح الحالات التى تستدعى الحفر تحت البناء وكيفية اجراء هذا الحفر

يجب قبل الحفر مراعاة نقطتين هامتين

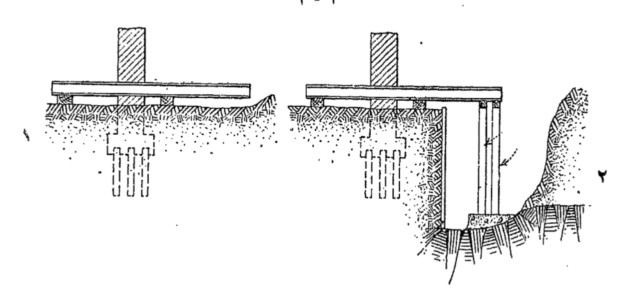
فالأولى المحافظة على عدم تفكيك الأرض تحت الأساس أثناء الحفر حتى لا ينهار فينشأ عن ذلك كسر الأساس

والثانية ضمان القاء حمل البناء على الاساس الجديد وذلك بادخال خوابير حديدية بين الاساسين القديم والجديد لضمان تحميل الاساس الجديد وتوزيع الحمل عليه كما هو مبين بالشكل ٢٢٢



شكل ٢٢٢

ويعمل التنكيس عادة فى الحالات التى تستدعى الحفر تحت الأساسات المتداعية لتقويتها ويعمل الحفر مع سند جوانبه جيداً بشدة قوية الا اذا سمحت طبقة التربة بالحفر بغير شدة ثم يصير عمل كتل

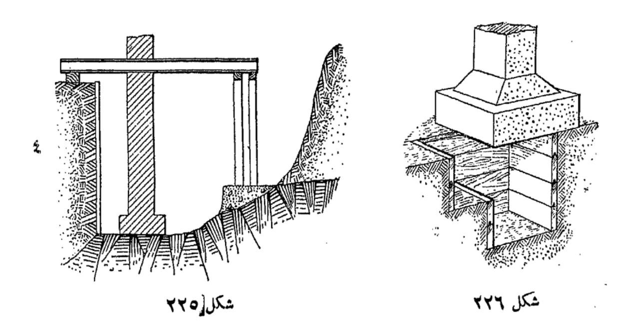


شكل ٢٢٣

خرسانيةأو بناء بالطوب تحت الاساس المتداعى أوعمـــل خوازيق أو تغويص آبار Tubes أو (Cylinders) (أنابيب) أو علب Caissone وملئها بالخرسانة وبعد بناء الأساس الجديد يصير احكام وصله مع الاساس المتداعى بألواح من الصلب بينها خوابير حديدية والاشكال ٢٢٣،٢٢٤ ٢٢٥،٢٢٦ تبين الخطوات التى تتبع فى الحفر تحت أساس قديم وشد جوانب الحفرة

٣

شكل ٢٢٤

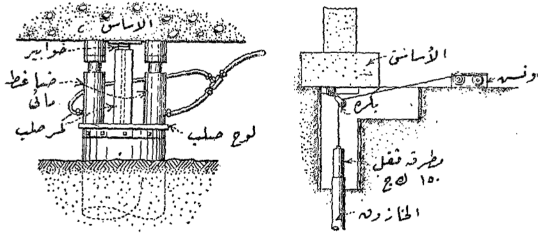


شكل ٢٢٥

شكل ٢٢٦

فاذا كان الحفر سيصل الى منسوب منخفض عن منسوب الماء الجوفى فيستعمل ما يسمى بالاساسات العميقة للتنكيس فتغوص أنبوبة من الصلب الى العمق المطلوب ثم تملأ بالخرسانة

ويكون تغويص الانابيب بواسطة الدق عليها بمطرقة متصلة بونش كما فى الرسم ٢٢٧ أن سمح بذلك الفراغ الموجود واما بمضاغط مائيــــة Hydraulic Ram كما هو مبين بالشكل ٢٢٨



شكل ٢٢٨ — شكل ٢٢٧

ويحسن قبل ازالة المضاغط المائية وضع قوائم من الكمرات الحديدية بين راس الخازوق والاساس المتداعى ووصل الكمرات عند رءوسها مع الاساس المتداعى بخوابير من الحديد يحكم وضعها حتى لا يرتد الخازوق بعد رفع المضاغط والشكل ٢٢٨ يبين ذلك

فاذا كانت الحوائط التى ستحمل على الاعتاب الحاملة من الاحجار او الطوب فيحسن ادخال وسادات من الخشب بين سطح الكمرات من أعلا وبين سطح الشنيشة لتركز الحائط على الوسادة الخشبية فوق سطح الكمر

ويجب ملاحظة عمل مسطح القواعد الخشبية التى ترتكز عليها الكمرات الحاملة كبيراً بدرجة لا يحدث معها هبوط تحت القواعد ولوقاية الكمرات نفسها من الانقلاب على جنبها يحسن تكبير قاعدتهـــا بربط كل كمرتين مع بعضهما بجاويطات تمر من قطعة خشب بين الكمرتين كالمبين بالشكل ٢٢١

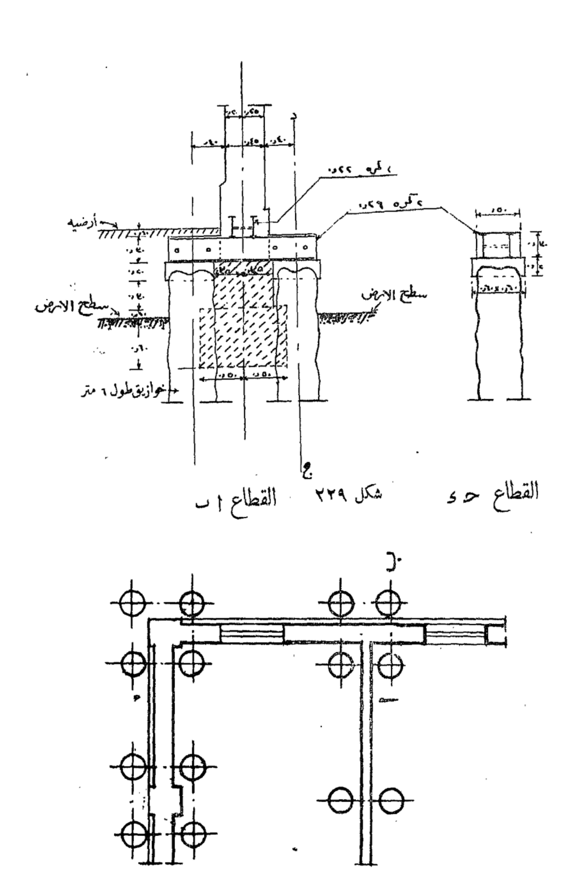
وقد تستعمل قواعد خرسانية لترتكز عليها الكمرات بدلا من القواعد

الخشبية كما تستعمل اعمدة من الخشب مقواة بمساند مائلة على شكل ابراج

فأن خيف من الحفر تحت الأساسات لغرض تنكيسها وتقويتها فيترك الأساس القديم دون أن يمس ويصير تحميل البناء على خوازيق يوضع فوقها كمرات تحميل بعد أن تغطى رأس كل خازوق بغطاء من الخرسانة يكون ككرسى ترتكز عليه كمرة التحميل وتوضع الخوازيق على مجاميع مكونة من ثلاثة أو أربعة خوازيق وتوضع الكمرات فوقها على شكل مثلث أو على شكل مربع وتكون هذه الخوازيق عادة من النوع الذى يصب فى أماكنه حتى لا يتأثر البناء المتداعى بشدة دق الخوازيق السابق تشكيلها وزيادة فى الحيطة تستعمل الخوازيق المضغوطة لتلافى آثار أى دق مهما كان خفيفا وتوضع كمرات التحميل فوق رءوس الخوازيق بعد عمل شنايش لها فى الحوائط المقامة فوق الأساسات ثم تربط مع بعضهــــا بمسامير وتغطى الكمرات بصندوق من الخرسانة وتوضع كمرات تحميل أخرى فى طول الحائط وترتكز على رؤوس كمرات التحميل المرتكزة على رؤوس الخوازيق والكمرات التى فى طول الحوائط يكسر لها من عرض الحائط فى الجانبين مسافات تكفى لأن تدفن الكمرات داخل الاجزاء المكسورة من الحائط بحيث تكون على بعد من واجهة الحائط لا يقل عن ١٥ سم

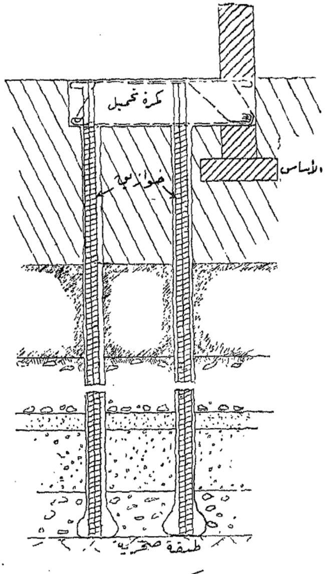
نسوق على سبيل المثال ما عمل فى محطة القوة لمجارى مدينة السويس التى كان قد تداعى بناؤها بسبب نحر التربة من تحت الأساسات لتشبعها بالماء ولاسباب أخرى والشكلين ٢٢٩ و ٢٣٠ يبينان مسقطا أفقيا وواجهة لخازوقين وقطاعا لأحد الخوازيق وقد وضعت خوازيق داخل البناء وخارجه كما هو مبين بالمسقط الأفقى والواجهة

فأن تعذر وضع خوازيق داخل البناء فتعمل جميع الخوازيق خارجه وتكون كمرات التحميل التى ترتكز على الخوازيق فى هذه الحــــالة كأنها كوابيل (Cantilevers) كما هو مبين بالشكل ٢٣١



القطاع حـ ى   شكل ٢٢٩   القطاع ا ب

شكل ٣٣٠



شكل ٢٣١

ملحوظات

يجب عدم التهاون فى الكشف على التربة لأعماق كبيرة الى أن يصير الوصول الى طبقة صالحة للتأسيس عليها أو الى عمق تكون معه قوة المقاومة بالاحتكاك اكبر من الضغوط المولدة عن المنشآت بمقدار ٥٠ ./. أو ١٠٠ ./.
ويجب أثناء الكشف على التربة معرفة أسباب تداعى البناء فتفحص كل طبقة فحصا دقيقا
يجب عمل تجارب تحميل على التربة لمعرفة قوة تحملها قبل تقرير الطريقة التى ستتبع
وكذا يجب الكشف على الاساس نفسه وفحصه فحصا جيدا
عمليات الحقن بالأسمنت اللبانى وبالمواد الكمائية لا يكون أثرها فعال الا فى أنواع التربة المسامية كالحصا والرمال الحرشة وما اليها اما الطين المندمج الرفيع الحبات فمعالجته بطرق الحقن غير مجدية

الباب الثالث عشر

المواد المستعملة فى الاساسات

الخرسانة

لضمان الحصول على خرسانة جيدة يجب أن تكون جميع المواد المركبة منها جيدة وتفى بالمواصفات الهندسية وكذا يجب أن تكون الصناعة جيده وأن تكون العوامل الجوية مناسبة وبما أن الخرسانة تركب من

١ — اسمنت

٢ — رمل

٣ — حصا أو كسر احجار وما اليها

٤ — ماء

فسنذكر فيما يلى الاشتراطات التى يجب أن تتوفر فى كل على حده لضمان صلاحية الخرسانة وجودتها

الاسمنت

ينقسم الاسمنت الذى يستعمل للخرسانات الى ثلاثة اقسام

١ — الاسمنت البورتلاندى العادى

٢ — الاسمنت البورتلاندى السريع التجمد كالفروكريت

٣ — الاسمنت الاليومينى وهو سريع التجمد ايضا كالسمنت فوندى

ويستعمل الاسمنت البورتلندى العادى فى الحلات العادية أما الحالات التى لها صفة الاستعجال فيستعمل فيها الاسمنت السريع التجمد سواء بورتلندى أو اليومينى ولكن الاخير غالى الثمن جدا نظرا لغلاء معدن (البوكسيت) (Bauxite) المصنوع منه النوع الاليومينى

والاسمنت البورتلندى بنوعيه يجب أن يختبر قبل استعماله وأن يفى

بمواصفات المعيـــار البريطانى (British Standard Specifications)
أما الاسمنت الاليومينى فهو يفى بمواصفات المعيار البريطانى إلا ان نسبة الجير التى فيه اقل من نظيرتهـا فى الاسمنت البورتلندى وهذا ليس دليل على أن الاسمنت الاليـومينى اقل قيمة من الاسمنت البورتلندى بل على انه نوع آخر خلاف الاسمنت البورتلندى

والانواع الجيـدة من الاسمنـت الاليـومينى تتحمـل شـدا مقـداره ٤٥٠ رطل / البوصة المربعة بعد مضى ٢٤ سـاعة وضغطـا مقـداره ٥٠٠٠ رطل / البـوصة المـربعة بعد مضى نفس الزمن اذا كانت المـونة من ١ : ٣ اسمنت ورمل وهذا يدل على أن الخرسانة التى تعمل بمونة مكونة من اسمنت اليومينى ورمل تحرز قوة بعد ٢٤ ساعة مماثلة لأقصى قوة تحرزها الخرسـانة المصنوعة بمونة مكـونة من اسمنت بورتلنـدى عـادى ورمل وقد استعمل الاسمنت الاليومينى فى صنـاعة الخوازيق وامكن دقهـا بنجـاح بعد مضى ٢٤ ساعة فقط ومن خواص الاسمنت الاليومينى انه يتولد عن شكه ارتفاع كبير فى درجة الحرارة بسبب التفـاعل الـكيماوى الذى يسبب سرعة تجمد الاسمنت ويجب مـلاحظة أن تـكون كل الاجهزة التى تستعمل فى خلـط وتجهيز الخرسانة المستعمل فيها الاسمنت الاليومينى نظيفة جدا وخالية من كل مواد غريبة وبمجرد انتهاء الاسمنت من شكه أى بعد مضى مدة من اربعة الى ستة ساعات يجب بل الخرسانة باستمرار الى أن يمضى ٢٤ ساعة على خلطها وذلك لاعاضة الماء الذى يتبخر بسبب ارتفـاع درجة حرارة الخرسـانة ويجب ملاحظة أن الاسمنت السريع الشك لدرجة انه يحتاج فى شكه لوقت أقصر من الوقت اللازم لخلط الخرسانة ووضعها فى مكانها لا يصلح للاستعمال .

الحصا وكسر الاحجار

تكون من الأنواع الصلبة المندمجة النظيفة الخالية من المواد العضوية والقلوية ولا تحوى موادا ناعمة وتكون خالية من كل المواد التالفة والمضرة بالخرسانة

ويجب أن تكون غير مغطاة بالطين أو الطينة الرملية (Loam) لأن وظيفة الاسمنت هى أن يلصق بالحصا أو كسر الأحجار والرمال ويتماسك معها فاذا كانت هذه مغطاة بالطين أو الطينة الرملية فان الاسمنت لا يتماسك إلا مع الطين والطينة الرملية وفى مثل هذه الحالة تكون قوة الخرسانة قائمة على التماسك بين الرمال والحصا مع الطين والطينة الرملية وفضلا عن ذلك فان الطين وما اليه يختلط بالاسمنت ويمنعه من الشك والتجمد

ويمكن اختبار نظافة الحصا أو كسر الاحجار بوضع كمية منها فى زجاجة من الماء فان الطين ينفصل ويكوّن طبقة مستقلة ويمكن بمقاسها معرفة نسبة الطين الموجود ويمكن التخلص من هذه المواد الطينية بغسل الحصا غسلا جيداً إن كانت نسبتها قليلة حوالى ٣٪ ولذا يجب غسل الحصا وكسر الاحجار قبل استعمالها لضمان نظافتها

وكل حصا أو كسر أحجار يحتوى على مواد عضوية (نباتية أو حيوانية) يجب أن يرفض

ويمكن معرفة وجود المواد العضوية بالحصا بطريقة عملية سهلة وذلك بوضع جزء من الحصا داخل زجاجة بها ٣٪ من الصودا الكاوية (Caustic Soda) ورج الزجاجة ثم مشاهدة لون مزيج الصودا بعد ٢٤ ساعة فان كان أصفر باهتا (Pale Yellow) فهذا دليل على أن الحصا نظيفا وخاليا من المواد العضوية

أما ان كان أصفر فاقعا أو اسمر (Marked Yellow or Brown) فهذا دليل على وجود مواد عضوية

ويلاحظ أن يكون حجم مزيج الصودا الكاوية مساوياً لحجم الحصا الذى يوضع داخل الزجاجة لاختباره

أما ان كان الخرسان من المواد الصناعية ككسر الطوب والجلخ Clinker فيجب أن تكون هذه المواد خالية من الفحم (Coal) أو الفحم الذى استهلك جزئيا (Partly Consumed) وإلا فأن الخرسانة تكون معرضة لخطر

التمدد بعد شكها

أما الفحم الحجرى (Coke Breeze) فقد استعمل بكثرة وبنجاح فى الخرسانات الغير معرضة لضغوط كبيرة ويجب أن يكون خاليا من الفحم (Coal) ولا يجب بأى حال من الاحوال استعمال الجلخ او الفحم الحجرى فى الخرسانة المسلحة خوفا من تسرب الماء الى داخل الخرسانة واتلاف حديد التسليح بتأكسده وصدأه

أما كسر الطوب فيجب تنظيفه من المواد الغريبة كالمونة قبل استعماله والطوب المصنوع من مواد تحوى كبريتا (Sulphur) كالطين المشتمل على (بيريت) (Pyrites) يجب عدم استعماله فى الخرسانة لان الخرسانة تكون قابلة للانتفاخ بعد شكها وبالاخص اذا كانت فى مكان رطب

ويجب اشباع كسر الطوب بالماء قبل استعماله حتى لا يمتص الماء المستعمل لخلط الخرسانة واللازم لشكها وكذا كل المواد المسامية التى تستعمل فى الخرسانة يجب اشباعها بالماء قبل استعمالها

لأنه اذا لم تعط الخرسانة الماء الكافى لشكها فانها تكون ضعيفة وقابلة للتشقق وبعض المواد المسامية تمتص الماء ببطء فيحسن اذن غمر المواد المسامية فى الماء قبل خلط الخرسانة بمدة ٢٤ ساعة

الرمل

يجب أن يكون حرشا ونظيفا صلبا متينا غير مغطى بمواد غريبة خال من التراب (Dust) والكتل (Lumps) والذرات الناعمة وكذا خال من الطفل (Shales) والمواد العضوية والقلويات والطين والطين الرملى ويجب أن يمر من مهزة $\frac{1}{4}$ بوصة .

ويختبر كما سبق أن بينا فى الحصا بالماء لاظهار نسبة المواد الناعمة وبالصودا الكاوية لاظهار المواد العضوية

المـــاء

يجب أن يكون الماء رائقا خال من متخلفات المصانع (Ftorcy Refuase) وما اليها ويمكن استعمال ماء البحار (See Watr) ولوانها تؤخرشك الخرسانة وكل ماء يصلح للشرب يمكن استعماله لخلط الخرسانة

كميـــة المـاء المستعمل

لكمية الماء اثر كبير فى قوة الخرسانة فيجب أن يستعمل الماء الكافى لجعل قوام الخرسانة مبتلا بالدرجة التى يمكن معها أن تحرز الخرسانة أقصى قوتها ولكن يجب ملاحظة أن كل زيادة فى الماء عن ذلك تسبب ضعف الخرسانة والمـاء الذى يستعمل فى خرسانة الاساسات الغير مسلحة يجب أن يكون بمقدار يسمح بأن يتخلل الماء كل فجوات المواد المكونة للخرسانة عند دكها وبحيث تكون الخرسانة جسما مندمجا

اما فى الخرسانة المسلحة فيجب أن يستعمل ماء بكمية اكبر حتى يسمح للخرسانة أن تمـلأ الفراغ الذى تحت الاسياخ والذى بين الشده والاسياخ

وفيما يلى جدول مبين به كمية الماء اللازمة للخراسانة المسلحة بحيث تعطى أحسن النتائج بمواد جافة غير ماصة للماء (Non Absorbant)

ملحـــوظات

١ — اذا كانت المواد المستعملة من الأنواع الماصة للماء فيجب اضافة كمية من المـاء الى ما هو مبين بالجدول بحيث تكون الاضافة كافية لتعوض أكبر كمية ممكن أن تمتصها المواد

٢ — اذا كانت المواد مبللة فيصير تخفيض كمية الماء المبينة بالجدول والحد الادنى الذى تخفض اليه كمية الماء هو المبين بالخانة رقم ٨

الخلطة	وزن المواد لكل شيكارة من الأسمنت بالرطل			حجم المواد بالقدم المكعب لكل شيكاره ٢٠٠ رطل من الأسمنت			الماء بالرطل لكل شيكارة ٢٠٠ رطل من الأسمنت			الماء لكل شيكارة من الأسمنت بالجالون	الماء لكل ياردة مكعبة من الرمل والحصا
	اسمنت	رمل	حصا	اسمنت	رمل	حصا	٢٨٪ اسمنت	٤٪ رمل وحصا	المجموع		
١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠	١١	١٢
١ : ٤ : ٨	٢٠٠	٨٠٠	١٦٠٠	٢٫٢٢	٨٫٨٨	١٧٫٧٧	٥٦	٩٦	١٥٢	١٥٫٢	١٥٫٤
١ : ٣ : ٦	٢٠٠	٦٠٠	١٢٠٠	٢٫٢٢	٦٫٦٦	١٣٫٣٣	٥٦	٧٢	١٢٨	١٢٫٨	١٧٫٣
١ : ٢ : ٤	٢٠٠	٤٠٠	٨٠٠	٢٫٢٢	٤٫٤٤	٨٫٨٨	٥٦	٤٨	١٠٤	١٠٫٤	٢١٫١
١ : ١½ : ٣	٢٠٠	٣٠٠	٦٠٠	٢٫٢٢	٣٫٣٣	٦٫٦٦	٥٦	٣٦	٩٢	٩٫٢	٢٤٫٩
١ : ١ : ٢	٢٠٠	٢٠٠	٤٠٠	٢٫٢٢	٢٫٢٢	٤٫٤٤	٥٦	٢٤	٨٠	٨٫٠	٣٢٫٤

حديد التسليح

يلزم ان يكون الحـــديد خاليا من الصدأ او البوية او المواد الدسمة وأن يراعى فى تقسيط الأسياخ أن لا يكون بأحـــدها انحراف من مركزها اكثر من نصف قطره على أن لا يتجاوز الانحراف أكثر من ٦ ملليمترات بأى حال من الاحوال ويقتضى عمل الاربطة اللازمة من السلك للحصول على هذه النتيجة ويلزم أن تكون حدايد التسليح من قطعة واحدة على قدر الامكان واذا اقتضى الحال عمـــل وصلات من قطعتين أو أكثر فيلزم أن تجمع الاطراف بطول يعادل أربعين مرة قطر السيخ على الاقل وذلك ابتداء من آخر التجنيش الذى يلزم عمله لكافة أطراف الاسياخ على شكل نصف دائرة قطرها يعادل ٤ مرات قطر السيخ ويحسن عدم استعمال اللحام لقطع أسياخ التسليح .

والتجنيش يجب أن يعمل على البارد ومن المهم أيضا فى ثنى قضبان التسليح وعلى الخصوص كبيرة القطاع أن يلوى السيخ تدريجيا وبكل اعتناء من غير أن يتخلل ذلك اهتزاز شديد كى لا يحدث بها كسر أو شرخ

والمستعمل الآن عادة لتسليح الخرسانة هو الصلب الطرى الذى تفوق مقاومته مقاومة الحديد . ومزاياه على العموم تعوض كثيرا من زيادة ثمنه عن الحديد .

وخواص الصلب المستعمل عادة هى : —

(ا) معامل التمدد ٠٫٠٠٠٠٠٦٥ لكل زيادة فى درجة فرانهيت

(ب) معامل المرونة فى حالتى الشد والضغط فى المقاييس الانكليزية يعتبر ٣٠ ... ... فى جميع درجات الصلب ونهاية المرونة فى الصلب الطرى ٣٦٠٠٠ رطل على البوصة المربعة فى حالتى الشد والضغط

أما فى المقاييس الفرنساوية فمعامل المرونة ٢٢٠٠٠ ونهاية المرونة من من ٢١ الى ٢٥ كيلو جراما على المليمتر المربع

(ج) استطالة مقاسه على قطعة صلب طولها ٢٠٠ ملليمتر هى من ٢٠ ٪ الى ٢٥ ٪

والاستطالة التى تقرب من نهاية المرونة هى ١ : ١٠٠٠

(د) الصلب يقاوم للشد من ٤١ الى ٤٥ كيلوجراما على المليمتر المربع ولكن الجهد مع الامن من ١٠ الى ١٢ كيلو جراما على المليمتر المربع

وقطاع المعدن المستعمل عادة دائرى يختلف قطره من ٦ ملليمترات الى ٣٥ ملليمتراً وفى بعض الأحيان الى ٤٠ ملليمتراً وأحيانا يستعمل القطاع المربع أو قطاعات أخرى لمتانة تماسكه

وهذه القطاعات الخاصة يجرى عادة تجهيزها بالمصانع حسب الطلب وترسل لنقطة العمل جاهزة بحيث لاتحتاج إلا إلى وضعها فقط فى محلها . وفى مصر لايستعمل عادة الا الصلب المبروم أو الحديد المبروم .

الصلب الناشف — وفى كثير من أشغال الخرسانة المسلحة فى أمريكا وفى بعضها بأوربا يستعملون هذا النوع من الصلب الناشف الذى يحوى مقداراً أكثر من الكربون يتراوح بين ٠٫٥ الى ٠٫٦ فى المائة وله الخواص الآتية :

(ا) مقاومة الكسر ٧٠ كيلو جراما تقريباً على المليمتر المربع

(ب) درجة الإستطالة مقاسة على قطعة للتجربة طولها ٢٠٠ ملليمتر هى ١٠ فى المائة

(ح) مقاومته لنهاية التمدد ٣٥ — ٤٠ كيلو جراما على المليمتر المربع

(ء) استطالة لنهاية التمدد $\frac{١٫٧}{١٠٠٠}$

(ه) وإذا تعدت مقاومته لنهاية التمدد ٦٠ فى المائة من مقاومته للكسر صار الصلب هشا وأصبح من الخطر استعماله

ومن الواضح أن استعمال الصلب الناشف الجيد يكون موفراً فى النفقة اذا كان ثمنه لايتعدى مرة ونصف من ثمن الصلب الطرى اذ أن مقاومته للشد مع الأمن تعادل ٢٠ كيلو جراما للمليمتر المربع بينما الصلب الطرى لايتحمل أكثر من ١٢ كيلو جراما فى المعتاد .

وعلى ذلك يمكن استعمال مسطح قليل للتسليح بهذا الصلب الناشف فيقل بذلك مسطح قطاع الخرسانة الذى كان يراعى فيه كثرة قطع التسليح بالصلب الطرى وعلى ذلك أيضا يقل الحمل الدائم للمبنى . ولعظم مقاومته للشد يمكن انتخاب أسياخ منه ذات قطر صغير مما تساعد كثيرا فى حالة ما تكون قوى الانزلاق قريبة من النهاية المسموح بها

ولكن من جهة أخرى فأن استعمال صلب قوى المقاومة يسبب رفعا لمحور الخمول أو بالحرى ضعفا لمقاومة الخرسانة للضغط . ولربما سبب شروخا فى جزء الخرسانة المجاور للتسليح . ولو أن التجارب أظهرت أن الخرسانة المسلحة يمكنها أن تقاوم من غير أن تكسر تمددا لغاية $\frac{١٫٣٥}{١٠٠٠}$ بينما تمدد الصلب — الناشف لا يتعدى $\frac{٠٫٩}{١٠٠٠}$ اذا شغل بالشد أى اذا وقع عليه قوى شد قدرها ٢٠ كيلو جراما على المللميتر المربع ولكن يجب أن لا يبرح عن البال المضار التى تنجم من عيوب فى عمل الخرسانة نفسها

ويجدر أن يجرب المعدن قبل استعماله

وفى الأعمال العظيمة يطلب من مصنع الصلب أن يورد الاطوال او الاشكال المطلوبة بحيث لا تحتاج الى لحام أو غيره . أما الشبقات التى ترد فى التجارة فاغلبها يتراوح طوله بين ٥٫١٠ الى ٥٫٤٠ مترا واللحام مقبول اذا عمل على حسب أصول الصناعة الجيدة ولكن قليلا من الصناع هنا من يتقنه . ويجمل أن يخزن الصلب فى محلات لا تصل اليها الرطوبة وكلما استعمل عقب استلامه مباشرة كان ذا فائدة أفضل ولا بأس من استعماله وعليه قليل من الصدأ . إلا أن ذلك يمكن مداراته بدهنه بقليل من السمنت اللبانى . أما اذا كان سمك الصدأ كبيرا فيجمل أن يحك ويرفع الصدأ ويراعى أن يكون سطحه خاليا من الزيت أو أى مادة غريبة (خلاف السمنت اللبانى) لئلا تعيق تماسكه بسمنت الخرسانة

الدبش

يجب أن يكون الدبش صلبا سليما خاليا من التراب ويعمل البناء فى الاساسات

بمونة مائية ويرش الدبش بالمـــاء رشا غزيرا قبل استعماله ويوضع فى البنا بحيث يكون غاطسا فى المونة وبطريقة تجعـــل جميع أجزاء البناء متماسكة ببعضها تماسكا محكما

الطوب الاحمر (المحروق)

يكون الطوب الاحمر مستوى السطوح حاد الحافات فى جميع جوانبه دقيق الحبيبات متجانسها خاليا من المواد الصوانية و الجيرية صلبا تام الحريق غير متبلور لا شقوق فيه ولا فلوج غير هش رنان الصوت عند طرقه بالمطرقة .

ويكون شكل قالب الطوب متوازى المستطيلات قائم الزوايا وأبعاده ٠،٢٣ فى ٠،١١ فى ٠،٠٥٥ لا يتشرب من الماء أكثر من سدس ثقله الا اذا جاء فى الشروط غير ذلك ويعاين الطوب بكل دقة قبل استعماله وذلك بأن يرص رصات منظمة لا يتجاوز ارتفاعها مترين وسمكها نصف متر مع ترك طريق بين كل رصة وأخرى بعرض متر واحد ويجب أن يتحمل الطوب بدون أن يتشقق ضغطا متوسطا قدره ثلاثون كيلو جراما للسنتيمتر المربع ويعين هذا الضغط المتوسط على معدل التجارب التى تعمل فى عشر عينات تؤخذ من رصات الطوب المعد للعمل المراد اجراؤه .

البناء بالطوب

يغطس الطوب فى الماء قبل استعماله مباشرة وذلك فى حياض مخصوصة من بناء ويترك فيها مدة كافيـة ليتشرب بالماء ويعين مدير الاعمال هذه المدة وتـكون الطوبة كاملة وتوضع فى البناء على بطنها أو سيفها مداميك منظومة متشابكة اللحامات بالتناسـق طولا وعرضا على مونة خالصة وتدق الطوبة بيد المسطرين دقا خفيفا لا يترتب عليه كسرها حتى تبرز المونة من جميع الجهات ولا يزيد عرض اللحامات عن سنتيمتر واحد أما فى العقود فيوضع الطوب بحسب اتجاه نصف القطر لبطن العقد وتصنع عبوات العقود على أصول الصناعة تماما وتفك حالا بعد اتمـام العقد وتـكون مداميك العقود موزونة بحسب أصول الصناعة تماما وطبقا للتعليمات التى تعطى للمقاول .

رش البناء

يجب أن يرش البناء رشا كافيا

الحمرة الطبيعية والصناعية

تكون الحمرة الطبيعية المعروفة بالبوسلانة ناعمة ومهزوزة وخالية من المواد الغريبة . وأما الحمرة الصناعية فتعمل من الشقف أو من كسارة طوب تام الاحتراق وغير متبلور بأن تدق وتهز بمهزة تكون سعة عيونها ملليمترين ويكون لونها أحمر قاتما .

الجـــير

يكون الجير مهما كان مصدره محروقا للحد المناسب ويؤتى به الى محل العمل حديث الحرق خاليا من المواد الغريبة وقبل استعماله بثمانية أيام يطفأ ناعما ويهز بمهزة تكون سعة عيونها ملليمترين ولا يجوز دق مايكون فيه من الصرفان

الجير المـائي

يكون الثقل النوعى للجير المائى أثنين وخمسة أعشار الى اثنين وثمانية أعشار وبعد هزه بمهزة تشتمل البوصة المربعة منها على ٣٢٤٠٠ عين وقطر السلك فيها بقدر ٠٫٠٠٢ من البوصة لا يبقى من فضالته فى المهزة الا قدر ٢٠ الى ٢٥ فى المـــائة .

أما مدة التماسك (الشك) التى تعينها مسلة « فيكات » المربعـــة الطرف بأضلاع قدر كل ضلع ملليمتر واحد فلا تكون أقل من أربع ساعات

واذا صنعت القوالب بالطريقة المقررة لاختبار الاسمنت مع اضافة القدر المناسب من الرمل فيجب أن تتحمل ضغطا قدره . —

٣٥ ليبرة فى البوصة المربعة (أى ٢٫٤٦ كيلو جرام فى كل سنتيمتر مربع) بعد سبعة أيام .

١٢٠ ليبرة فى البوصة المربعة (أى ٨٫٤٤ كيلو جرام فى كل سنتيمتر مربع) بعد ثمانية وعشرين يوما

الاخشاب

يجب أن تكون من أجود صنف تامة الاستقامة خالية من العقد والشروخ بقدر المستطاع وأن تكون من قطعة واحدة وتجتنب الوصلات فاذا تحتم عمل وصلات فتكون حسب الاصول الفنية وبالمتانة الكافية

الكمرات الصلب

يجب أن يكون جهد الشد لها يتراوح بين ٢٨ ، ٣٢ طن على البوصة المربعة وتكون الاستطالة لا تقل عن ٢٠ ٪ فى ثمانية بوصات (٢٠٥ر٠ متر) وأن لا يقل مقدار التقلص فى مسطح القطاع عن ٤٠ ٪ عند النقطة التى يحدث فيها الكسر

مواسير الفخار الحجرى

يجب أن تكون طينة مواسير الفخار الحجرى من أحسن نوع خالية من الجير ومركباته ومطحونة طحنا تاما ومخلوطة جيداً .

ويلزم حرق المواسير حرقا تاما وأن يتخلل الحريق جميع أجزاء الماسورة وأن تكون طبقاتها متلاحمة ومنتظمة وخالية من الفقاقيع الهوائية وتجوفات الحريق والشروخ والثلمات والجلخ وجميع العيوب الأخرى .

ويجب أن يكون السطح الداخلى والخارجى ناعما ومستويا ومصقولا بالدهان الملحى بانتظام ويجب صب الماسورة بشفتها دفعة واحدة فى قالب واحد

(انتهى بحمد الله)

مراجع الكتاب

جاكوبى ودافى
هول وكينى — أساسات بوجه عام
ويليم سمسون

بلى
بكلى — أساسات أعمال الرى
ويليم ولككس

هول
رنجس — خرسانة مسلحة
بول وهل

مذكرات ابراهيم زكى — حديد التسليح
كتاب الخرسانة السنوى

متاكاف وادى
فولوول — مجارى

مذكرات اودل — مذكرات عمومية
مذكرات بيرن — مذكرات عملية

اتصارات المهندس (ارشبالد وبايمز)

الهندسة المدنية (ف. نول. تاياور)

دكتور هيوم
دكتور حسن صادق — جيولوجيا

وأنى لاذكر بالشكر ما تفضل به حضرة المحترم الاستاذ حسين أفندى حنفى المدرس بمدرسة الهندسة الملكية من ارشادى الى بعض هذه المراجع

إعلان

قد وصل الى المؤلف فى آخر لحظة بيانات هامة وصور شيقة عن موضوع الكتاب وسيضمنها رسالة خاصة مع باب أساسات الآلات وسيتم طبع هذه الرسالة قريبا ويكون ثمنها خمسة قروش